



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

---

# **Avaliação dos Impactos da Integração de Energias Renováveis em Ambiente Urbano**

Trabalho de Projeto apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em Automação e  
Comunicações em Sistemas de Energia

**Autora**

**Joana Sousa Lopes da Figueira**

**Orientadores**

**Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho**

**Doutor Fernando José Pimentel Lopes**

Professores do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Coimbra, abril 2019**



## AGRADECIMENTOS

Apesar de serem as primeiras palavras a serem lidas, são as últimas a serem escritas. Palavras estas, de alívio por todo este trabalho estar terminado e de que melhor ou pelo menos de diferente poderia ter sido feito. Mas é também nesta altura que faço uma análise do caminho percorrido, que incluiu uma trajetória permeada por inúmeros percalços, desafios, tristezas, alegrias, que só com o contributo de várias pessoas indispensáveis foi possível encontrar o melhor rumo em cada momento da caminhada.

A estas pessoas sem as quais não se teria tornado realidade e aos quais estarei eternamente grata.

Ao Professor Doutor Fernando José Pimentel Lopes e à Professora Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho, pela sua orientação, total disponibilidade e apoio, partilha de conhecimentos e as suas valiosas contribuições para este trabalho.

À Verdalgoritmo Unipessoal Lda, e em especial ao Eng.º Paulo Fernandes, pelos conselhos preciosos, pela total disponibilidade e encorajamento nos momentos difíceis desta jornada.

À FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) no âmbito do projeto Learn2Behave (02 / SAICT / 2016-023651) pelo apoio no desenvolvimento e na divulgação científica dos resultados deste trabalho.

Aos meus amigos, que não menciono o nome mas que sabem quem são, agradeço o apoio, companheirismo e motivação incondicional que ajudaram em certos momentos difíceis.

Por último, e tendo plena consciência que sozinha nada disto não seria possível, dirijo um especial agradecimento aos meus pais e familiares, por serem um modelo de coragem, pelo seu apoio incondicional, incentivo e paciência demonstrados, na superação dos obstáculos que foram surgindo ao longo desta caminhada.

A todos o meu mais sincero e profundo **Muito Obrigada!**



## RESUMO

O presente estudo tem como finalidade a avaliação dos impactos económicos e sociais da integração de tecnologias de produção de energia com recurso a fontes de energias renováveis em ambiente urbano.

Como suporte e base desta avaliação, realizou-se um inquérito *on-line* destinado aos consumidores do sector residencial com o objetivo de serem analisadas e avaliadas as perceções e as disposições em investir em sistemas fotovoltaicos. Os dados recolhidos tiveram como amostra a cidade de Coimbra, através de três grupos de questões relacionadas com a caracterização socioeconómica do agregado familiar, com a caracterização da habitação, com a existência de sistemas de energias renováveis já instalados na habitação e com a disponibilidade para investir em sistemas fotovoltaicos. Foi ainda realizado um enquadramento legislativo a nível nacional referente ao sector das energias renováveis e um levantamento de estado da arte de estudos similares. Para a obtenção dos custos de investimento dos diferentes sistemas fotovoltaicos considerados, e de acordo com o tipo de habitação, foi realizada uma avaliação técnica e económica individual para as unidades de produção.

O estudo realizado permitiu concluir que a disposição para investir em sistemas de energias renováveis no setor residencial depende da idade e do conhecimento do consumidor sobre os sistemas de energias renovável e da legislação associada.

Adicionalmente, também mostrou uma forte relação entre o valor que os consumidores estão dispostos a investir em sistemas residenciais de energias renováveis e o rendimento líquido mensal do agregado familiar. Estas conclusões estão em linha com o quadro jurídico a nível da UE, que visa a criação de uma carteira de incentivos para apoiar o desenvolvimento e a aceitação de novas tecnologias com um objetivo ambiental.

Os resultados obtidos a partir do inquérito realizado e da avaliação técnico-económica das diferentes unidades de produção fotovoltaica, juntamente com os dados de caracterização do parque habitacional da cidade de Coimbra, serviram de base para a definição de diferentes cenários na avaliação dos impactos da integração de sistemas fotovoltaicos no setor residencial. Estes resultados, para além de poderem vir a ser considerados pelas operadoras de eletricidade, poderão ser uma mais-valia para os decisores políticos na definição de medidas futuras de apoio à instalação de sistemas de energias renováveis residenciais.

**Palavras-Chave:** Disponibilidade para investir em sistemas fotovoltaicos, Sistemas Fotovoltaicos, Energias renováveis, Setor residencial, Avaliação energética-económica-ambiental.



## ABSTRACT

The present study aims to evaluate the economic and social impacts of the integration of energy production technologies using renewable energy sources in an urban environment.

To support this evaluation, an online survey was conducted for consumers in the residential sector, in order to analyze and evaluate the perceptions and dispositions to invest in photovoltaic systems. The data was collected in Coimbra through three groups of questions related to the socioeconomic characterization of the household, the characterization of housing, the existence of renewable energy systems already installed in the housing and the ability to invest in photovoltaic systems.

The national legislative framework on the renewable energy sector was presented and a state-of-the-art of similar studies was also carried out.

In order to obtain the investment costs for the different photovoltaic systems considered in this study, and according to the type of housing, an individual technical and economic evaluation was carried out for the production units.

The conducted study has led to the conclusion that the willingness to invest in renewable energy systems in the residential sector depends on the age and on the consumer's knowledge about renewable energy systems and the associated legislation. In addition, it also showed a strong relationship between the amount that consumers are willing to invest in residential renewable energy systems and the net monthly household income. These conclusions are in line with the legal framework at the EU level, focused on the establishment of a portfolio of incentives to support the development and acceptance of new technologies with an environmental objective.

The results obtained from the survey and from the technical-economic evaluation of the different photovoltaic production units, together with the data characterizing the housing stock of the city of Coimbra, served as the basis for the definition of different scenarios for the evaluation of the impacts of the integration of photovoltaic systems in the residential sector. The obtained results, in addition to having the potential to be considered by electricity operators, could help policy-makers define future measures to support the installation of residential renewable energy systems.

**Keywords:** Willingness to invest in photovoltaic systems, Photovoltaic systems, Renewable energies, Residential sector, Energy-economic-environmental analysis.





## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS .....	xi
ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objetivos Propostos.....	5
1.2. Estrutura do Relatório .....	5
2. SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS EM CONTEXTO URBANO.....	7
2.1. Enquadramento legislativo em Portugal.....	8
2.1.1. Autoconsumo .....	11
2.1.2. Remuneração da energia elétrica produzida injetada na RESP .....	14
2.1.3. Compensação paga ao sistema.....	14
2.2. Pequena Produção .....	16
2.3. Remuneração da energia elétrica injetada na RESP .....	18
2.4. Registo da UP .....	20
2.5. SERUP – Sistema Eletrónico de Registo da Unidade de Produção.....	22
2.6. Análise dos sistemas instalados .....	22
3. DISPONIBILIDADE DOS CONSUMIDORES RESIDENCIAIS PARA INVESTIR EM SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS .....	25
3.1. Casos de Estudo e Metodologia de inquéritos .....	25
3.2. Inquérito por questionário e perfil dos inquiridos.....	27
3.3. Disponibilidade para investir em energias renováveis .....	29

---

4. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO SECTOR RESIDENCIAL – CASO DE ESTUDO .....	35
4.1. Caraterização da Cidade de Coimbra .....	35
4.1.1. Radiação Solar em Coimbra .....	37
4.2. Avaliação técnico-económica de sistemas fotovoltaicos residenciais .....	39
4.2.1. Indicadores Económicos .....	39
4.3. Análise económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos residenciais .....	44
4.4. Avaliação dos impactos da integração de sistemas fotovoltaicos residenciais .....	50
4.4.1. Cenário Pessimista .....	51
4.4.2. Cenário Realista .....	52
4.4.3. Cenário Otimista .....	52
4.4.4. Impactos Globais .....	54
5. CONCLUSÕES .....	57
Referências .....	61
ANEXOS .....	67
ANEXO A – Questionário Enviado .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Esquematização dos conceitos referidos no Decreto-Lei 153/2014. ....	11
Figura 2.2 - Esquema de uma UPAC (Energia.pt, 2018).....	12
Figura 2.3 – Resumo de requisitos das UPAC por potência instalada. ....	13
Figura 2.4- Exemplo de Registo de UPAC com potência compreendida entre 1,5kW e 1MW. ....	13
Figura 2.5 – Modelo de Funcionamento UPP (Energia.pt, 2018) .....	16
Figura 2.6 – Categorias das Unidades de Produção.....	17
Figura 2.7 – Licenciamento de uma UPP.....	18
Figura 2.8 – Requisitos para acesso ao registo de uma UP.....	20
Figura 3.1 - Existência de sistemas de energias renováveis.....	30
Figura 3.2 – Percentagem de consumidores residenciais dispostos a investir. ....	31
Figura 3.3 - Caracterização dos consumidores dispostos a investirem até 1000€ em sistemas fotovoltaicos. ....	31
Figura 3.4 - Caracterização dos consumidores dispostos a investirem entre 1000 e 2000 em sistemas fotovoltaicos. ....	32
Figura 3.5 - Caracterização dos consumidores dispostos a investirem entre 2000€ e 5000€ em sistemas fotovoltaicos. ....	32
Figura 3.6 - Caracterização dos consumidores dispostos a investirem acima dos 5000€ em sistemas fotovoltaicos. ....	33
Figura 4.1 - Concelho de Coimbra por freguesias. ....	35
Figura 4.2 - Radiação difusa e global anual em Coimbra (KWh/m <sup>2</sup> ). ....	37
Figura 4.3 - Variação da temperatura anual para Coimbra (°C). ....	38

---

---

Figura 4.4 - Duração do Sol Coimbra (h).....	38
Figura 4.5 – VAL e SIR para uma taxa de atualização de 3%. ....	48
Figura 4.6 - VAL e SIR para uma taxa de atualização de 5%.....	48
Figura 4.7 - VAL e SIR para uma taxa de atualização de 7%.....	49
Figura 4.8 - Impactos económicos globais.....	54
Figura 4.9 - Impactos energéticos globais.....	55
Figura 4.10 - Impactos ambientais globais.....	56

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1- Preços da eletricidade para utilizadores domésticos e industriais (Euro/ECU) (Pordata, 2018). .....	1
Tabela 2.1 - Registos de UPAC 2015. ....	23
Tabela 2.2 -Registos de UPAC 2016. ....	23
Tabela 2.3 - Registos de UPAC 2017. ....	24
Tabela 3.1 - Faixa etária dos inquiridos. ....	27
Tabela 3.2 - Habilitações académicas dos inquiridos. ....	28
Tabela 3.3 - Composição do Agregado familiar. ....	28
Tabela 3.4 - Rendimento do Agregado Familiar. ....	28
Tabela 3.5 – Caracterização da habitação. ....	29
Tabela 4.1 – Caracterização dos edifícios na zona urbana da cidade. ....	36
Tabela 4.2 - Consumos de energia elétrica no município nos anos de 2015, 2016 e 2017 (MWh). .....	36
Tabela 4.3 – Viabilidade Económica para sistemas UPP. ....	45
Tabela 4.4 – Viabilidade Económica para sistemas UPAC. ....	47
Tabela 4.5 – Impactos obtidos para o Cenário Pessimista. ....	51
Tabela 4.6 – Impactos obtidos para o Cenário Realista. ....	52
Tabela 4.7 – Impactos obtidos para o Cenário Otimista. ....	53
Tabela 5.1 – Resumo dos impactos obtidos para os diferentes cenários. ....	59



## ABREVIATURAS E SIGLAS

AT	Alta Tensão
BA	Balanço Atualizado
BT	Baixa Tensão
CIEG	Custos de Interesse Económico Geral
CO&M	Custos de Operação e Manutenção
CUR	Comercializador de Último Recurso
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FPC	Fundo Português de Carbono
FEE	Fundo de Eficiência Energética
FER	Fontes de Energias Renováveis
FIT	<i>Feed-In-Tariff</i>
IMPIC	Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção
INE	Instituto Nacional de Estatística
Ktep	Tonelada equivalente de petróleo
kVA	Quilovoltampere
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
LCOE	Custo da Energia Produzida
MCP	Mera Comunicação Prévia
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
NUT	Nomenclatura das Unidades Territoriais

OMIE	Operador de Mercado Ibérico de Energia
ORD	Operador das Redes de Distribuição
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PPEC	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia
PV	Fotovoltaico
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
SEN	Sistema Elétrico Nacional
SERUP	Sistema Eletrónico de Registo da Unidade de Produção
SIR	<i>Savings to Invest Ratio</i> (Rácio entre poupança e investimento)
SRM	Sistema de Registo da Microprodução
TIR	Taxa Interna de Rendibilidade
UE	União Europeia
UE28	União Europeia (28 países)
UP	Unidade de Produção
UPAC	Unidade de Produção de Autoconsumo
UPP	Unidade de Pequena Produção
VAL	Valor Atual Líquido
WTP	<i>Willingness To Pay</i>



## 1. INTRODUÇÃO

O preço da energia na União Europeia está dependente de uma série de fatores, como condições de oferta e procura, situação geopolítica, cabaz energético nacional, diversificação das importações, custos de rede, custos de proteção ambiental, condições climáticas severas ou níveis de impostos e tributação.

A evolução dos preços da eletricidade para o sector doméstico e industrial para Portugal, Espanha e UE-28 (28 países da União Europeia) está representado na Tabela 1.1.

**Tabela 1.1- Preços da eletricidade para utilizadores domésticos e industriais (Euro/ECU) (Pordata, 2018).**

Ano	UE28 - União Europeia	ES - Espanha	PT - Portugal
1991	x	0,1302	0,1120
1992	x	0,1359	0,1287
1993	x	0,1346	0,1428
1994	x	0,1217	0,1321
1995	x	0,1225	0,1322
1996	x	0,1267	0,1324
1997	x	0,1218	0,1343
1998	x	0,1154	0,1315
1999	x	0,1132	0,1263
2000	x	0,1091	0,1256
2001	x	0,1048	0,1262
2002	x	0,1047	0,1286
2003	x	0,1063	0,1322
2004	x	0,1079	0,1350
2005	x	0,1097	0,1381
2006	x	0,1147	0,1410
2007	x	0,1225	0,1500
2008	0,1583	0,1366	0,1482
2009	0,1641	0,1577	0,1508
2010	0,1678	0,1728	0,1584
2011	0,1803	0,1981	0,1654
2012	0,1884	0,2190	0,1993
2013	0,2000	0,2228	0,2081
2014	0,2040	0,2165	0,2175
2015	0,2090	0,2309	0,2279
2016	0,2052	0,2185	0,2350
2017	0,2041	0,2296	0,2284
2018	x	0,2383	0,2246

Pela análise da Tabela 1.1 verifica-se que, a partir de 2012, Portugal apresenta valores elevados do preço da eletricidade em relação à média europeia, mas inferiores aos valores verificados em Espanha. Observa-se, ainda, que os preços da eletricidade têm aumentado a partir do ano 2000.

Aliado à constante subida do preço da eletricidade, a necessidade e dependência da energia elétrica e as crescentes preocupações ambientais, conduzem a que seja cada vez mais importante apostar em fontes de energia limpas e económicas.

Os sistemas de energias renováveis por serem de recurso infinito, descentralizados e pela sua característica de possível localização próxima entre a fonte e o consumo, são uma ótima solução para uma produção de energia mais limpa e segura. Por outro lado, o aumento da produção de energia elétrica através de sistemas de energia renovável, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, para a diminuição da dependência energética de combustíveis fósseis e das importações dos combustíveis, para o aumento da segurança do fornecimento de energia e permite aumentar o desenvolvimento de energia sustentável.

Portugal tem condições naturais privilegiadas para a produção de energia através de fontes renováveis. No entanto, a maior parte da energia proveniente de fontes renováveis é hoje gerada a partir de grandes parques eólicos e fotovoltaicos, apesar do potencial de novas instalações de pequena escala para a produção distribuída de eletricidade, nomeadamente no setor residencial, utilizando fontes renováveis endógenas, já ser bastante considerável.

No Roteiro para a Energia 2050 (Comunicação da Comissão Europeia no 885/2011), a Comissão Europeia, ao analisar os desafios que são colocados para dar cumprimento ao objetivo de descarbonização do sistema energético e garantir, ao mesmo tempo, a segurança do aprovisionamento energético e a competitividade, identificou uma elevada penetração de energias renováveis desde de 2010, como o maior pré-requisito para um sistema energético seguro e sustentável.

Através da Diretiva n.º 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, foi determinado que os Estados Membros adotassem e promovessem medidas a atingir até 2016, estabelecendo um objetivo global nacional de 9% através da promoção de serviços energéticos e adoção de outras medidas de melhoria de eficiência energética.

Neste sentido, até 2020, os Estados Membros comprometeram-se a reduzir em 20% as emissões de gases de efeito de estufa, aumentar em 20% a utilização de energia proveniente de energias renováveis no cabaz energético da União Europeia e a atingir a meta de 20% estabelecida para eficiência energética.

Estes objetivos foram reconfirmados e reforçados com novas metas de energia e clima aprovados pelos Chefes de Estado e de Governo da União Europeia para 2030, tendo sido acrescentada às três metas uma quarta meta relativa a interligações, referida na Diretiva 2006/32/CE.

Por forma a serem cumpridas as políticas nacionais de eficiência energética, e dadas as dificuldades e esforços nesse sentido, o Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de abril que transpõe para o ordenamento jurídico nacional a Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, define as ações que concretizam as propostas incluídas no Plano de Eficiência Energética de 2011 e as metas identificadas no roteiro de transição para a economia de baixo carbono competitiva em 2050.

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período de 2013-2016 (PNAEE 2016), aprovado pela Resolução de Ministros n.º 20/2013, de Abril, estabelece novas ações e metas para 2016 de modo a ser cumprida a redução de energia primária para o horizonte 2020.

O PNAEE 2016 passou a compreender as seguintes áreas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Estas áreas foram enquadradas em dez programas com plano de medidas com vista à melhoria da eficiência energética, sendo estas quantificáveis e monitorizáveis de modo a serem alcançados os objetivos propostos pelos respetivos programas.

A redução estimada pelo PNAEE até 2016 corresponde a 1510 ktep em energia final, sendo uma redução de cerca de 8,2% relativamente à meta de consumo observada entre 2001 e 2005, aproximando-se, deste modo, da meta definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016.

Além disso, o PNAEE tem como objetivo o cumprimento das novas metas assumidas pela União Europeia de 20% dos consumos de energia primária até 2020, assim como o objetivo assumido pelo Governo de diminuição de 25% no consumo primário e uma redução 30% para a Administração Pública.

---

Neste sentido, foram criados os seguintes programas e apoios financeiros:

- a) Fundo de Eficiência Energética (FEE), criado pelo Decreto-Lei n.º 50/2010, de 20 de maio, e regulamentado pela Portaria n.º 26/2011, de 10 de janeiro, destinado a apoiar especificamente as medidas do PNAEE;
- b) Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC), promovido pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) no quadro do PNAC (Programa Nacional para as Alterações Climáticas);
- c) Fundo Português de Carbono (FPC), criado pelo Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de março, destinado a apoiar, entre outros, projetos que conduzam à redução de emissões de gases com efeito de estufa.

Por seu turno, relativamente à promoção da utilização de energia de fontes renováveis, e de acordo com o estabelecido ao abrigo da Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, foi estabelecido um Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER). As metas estabelecidas no PNAER para Portugal até 2020, consistem na utilização de 31% da energia renovável no consumo final bruto de energia e 10% para o consumo energético nos transportes.

Além disso, está prevista ainda a incorporação de 60% de energia renovável na eletricidade até 2020.

O PNAER tem ainda como objetivo, a redução da dependência energética com o exterior (combustíveis fósseis) para cerca de 74% em 2020, através do aumento da utilização dos recursos endógenos, reduzindo-se assim o saldo de importação energética (estabelecendo-se cerca de 2.000 milhões €).

Pretende-se ainda aumentar o desenvolvimento sustentável que, através da crescente utilização das fontes de energias renováveis (FER) e da eficiência energética, permite o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no que diz respeito à emissão de gases com efeito de estufa.

## **1.1. Objetivos Propostos**

O presente estudo teve como principal objetivo a avaliação dos impactos da integração de sistemas de energias renováveis em ambiente urbano, concretamente, da integração de diferentes sistemas fotovoltaicos no sector residencial.

Esta avaliação envolveu um levantamento das políticas, programas e ações Nacionais e Europeias desenvolvidas no âmbito das Energias Renováveis em ambiente urbano e a análise das metas previstas, bem como do seu grau de concretização.

A avaliação dos diferentes impactos (técnicos, económicos, ambientais e sociais) da integração de diferentes sistemas fotovoltaicos no sector residencial foi suportada em diferentes cenários de integração, definidos para a cidade de Coimbra. A definição destes cenários foi baseada na análise técnico-económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos que podem ser considerados no sector residencial, na disponibilidade por parte dos consumidores residenciais em investirem neste tipo de sistemas, obtida através de um inquérito realizado, e na caracterização do parque habitacional da cidade de Coimbra, nomeadamente no número e tipologia de edifícios residenciais existentes.

## **1.2. Estrutura do Relatório**

Este Relatório está estruturado em cinco capítulos. No Capítulo 1 (atual), “Introdução”, é feito o enquadramento do presente trabalho, são referidas as principais motivações e são apresentados os principais objetivos e a estrutura do Relatório.

No Capítulo 2 “Sistemas de Energias Renováveis em Contexto Urbano”, faz-se referência ao enquadramento legislativo relativo aos sistemas de energias renováveis em contexto urbano, bem como aos planos e programas nacionais e europeus existentes. Com suporte em dados reais, são ainda apresentadas neste capítulo as metas nacionais previstas no âmbito das energias renováveis e o seu grau de concretização.

O terceiro capítulo é exclusivamente centrado no tema “Disponibilidade dos consumidores residenciais em investir em sistemas de Energias Renováveis”, obtida a partir dos dados recolhidos com a realização de um inquérito aos consumidores residenciais da cidade de Coimbra. Para além da referência a vários trabalhos científicos de natureza semelhante, é

apresentada a metodologia seguida na elaboração do inquérito realizado são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos, com especial destaque para a disponibilidade em investir em sistemas fotovoltaicos por parte dos consumidores residenciais.

No Capítulo 4, apresenta-se a “Avaliação dos Impactos da Integração de Sistemas Fotovoltaicos no Sector Residencial”. É feita a caracterização da cidade de Coimbra, no que respeita ao parque edificado, consumos energéticos e radiação solar e apresentada a avaliação técnico-económica das unidades de produção consideradas neste estudo com indicação dos principais indicadores de viabilidade económica. Segue-se a avaliação dos impactos da integração de sistemas fotovoltaicos no sector residencial, realizada para diferentes cenários de integração, os quais foram definidos com base na análise técnico-económica das unidades de produção efetuada, na caracterização do parque habitacional da cidade e na disponibilidade dos consumidores residenciais em investirem sistemas fotovoltaicos, obtida no Capítulo 3.

No Capítulo 5, “Conclusões”, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho de projeto e indicadas as principais contribuições. São ainda sugeridas pistas para trabalho futuro.

## 2. SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS EM CONTEXTO URBANO

Dentro dos diversos sistemas de energias renováveis, a energia solar fotovoltaica (PV) é considerada a tecnologia mais ecológica e sustentável para a produção de eletricidade e acredita-se que tenha maior potencial para o sector residencial (Ahmad, Tahar, Cheng, & Yao, 2017).

O aumento da instalação de sistemas fotovoltaicos no sector residencial poderia contribuir para o cumprimento da legislação da União Europeia (UE) sobre o desempenho energético dos edifícios (Diretiva de Desempenho Energético de Edifícios, 2010/31/UE).

Em concordância com esta diretiva, os Estados Membros da União Europeia garantiram que a partir de 2020 todos os novos edifícios terão de ser "*Nearly Zero Energy Buildings*" (NZEB), ou seja, um edifício com elevado desempenho energético, quer pelo reduzido consumo de energia em relação aos edifícios convencionais, quer pela existência de sistemas de produção de energia local e proveniente de fontes renováveis que compensam as necessidades energéticas.

Apesar do potencial dos sistemas fotovoltaicos como uma opção energética para os sistemas energéticos urbanos, vários fatores afetam a sua implementação (Mah, et al., 2018) (Rai, Reeve, & Margolis, 2016). Com base em vários estudos realizados na área das energias renováveis, cinco das principais barreiras que limitam a adequação do local, a viabilidade económica e a aceitação social da implementação de sistemas fotovoltaicos em larga escala como uma opção, são (Mah, et al., 2018):

- Barreiras técnicas – limitações de espaço, intermitência e limitações de ligação à rede;
- Aspetos económicos – elevados custos de investimento e longo período de retorno do investimento;
- Fatores de mercado - incentivos inapropriados, custos despropositados, informação insuficiente e dificuldade em aceder a informações confiáveis;

- Acesso a financiamento e regulamentos institucionais - a existência de interesses adquiridos contra novas opções energéticas, dificuldades em lidar com as exigências de permissão;
- Barreiras sociais - falta de aceitação social de novas tecnologias energéticas e baixo nível de percepção da utilidade de uma nova tecnologia de energia.

O regime *Feed-In-Tariffs* (FITs) é o instrumento de mercado mais comum que os Governos, inclusive o Governo Português, têm usado para facilitar o desenvolvimento do mercado das FER (Sommerfeld, Buys, & Vine, 2017) (McKenna, Pless, & Darby, 2018) (Amorim, Vasconcelos, Abreu, Silva, & Martins, 2013). O princípio central deste regime consiste na oferta de preços garantidos por períodos fixos, de modo a permitir um maior número de investidores (Cherrington, Goodship, Longfield, & Kirwan, 2013).

Em Portugal, este regime permitiu o aumento rápido da implantação de tecnologias fotovoltaicas em pequena escala desde a sua introdução em 2008 (Portaria 201/2008 de 22 de fevereiro).

No entanto, alguns investigadores criticaram este regime *feed-in-tariffs* no âmbito do sector fotovoltaico, considerando ser utilizado como incentivo na aquisição de sistemas fotovoltaicos, pois estes sistemas são financiados através do aumento dos preços da eletricidade, afetando os consumidores com baixo rendimento que não são capazes de investir em tecnologia solar (Sommerfeld, Buys, & Vine, 2017).

A decadência das tarifas *feed-in-tariffs* está a proporcionar o aumento crescente do interesse no autoconsumo de eletricidade fotovoltaica de sistemas residenciais (definindo-se como o consumo total da energia produzida pelo sistema fotovoltaico) (McKenna, Pless, & Darby, 2018) (Luthander, Widén, Nilsson, & Palm, 2015).

## **2.1. Enquadramento legislativo em Portugal**

Atualmente, o enquadramento legislativo português incentiva o dimensionamento dos sistemas de produção distribuída de energia face ao nível de consumo verificado no local, assim como promove a igualdade de sobrecusto no Sistema Elétrico Nacional (SEN). Além disso, pretende

---



ainda diminuir a vertente de “negócio” associado ao regime de microprodução e miniprodução, conduzido pelo sobredimensionamento das centrais e consequentemente sobrecustos para o SEN.

O atual enquadramento legislativo foi concebido de modo a dinamizar a produção distribuída em Portugal, assegurando a sustentabilidade técnica e económica da rede, simplificando o antigo modelo de microprodução e miniprodução, possibilitando que entidades com perfis de consumo menos constantes possam igualmente enquadrar-se neste regime.

O Decreto-Lei 153/2014 de 20 de outubro estabelece os regimes jurídicos aplicáveis à produção de energia elétrica destinada ao autoconsumo, através das Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC), e à produção para venda à rede elétrica de serviço público (RESP), por intermédio de Unidades de Pequena Produção (UPP).

Por sua vez, a Portaria 14/2015 de 23 de janeiro define o procedimento para apresentação de mera comunicação prévia de exploração das unidades de produção para autoconsumo, bem como para a obtenção de um título de controlo prévio no âmbito da produção para autoconsumo ou da pequena produção para injeção total na rede elétrica de serviço público da energia elétrica produzida.

Em complemento ao referido Decreto-Lei, a Portaria 15/2015 de 23 de janeiro procede à fixação da tarifa de referência aplicável à energia elétrica produzida através de unidades de pequena produção, nos termos do Decreto-Lei n.º 153/2014, e determina as percentagens a aplicar à tarifa de referência, consoante a energia primária utilizada pelas unidades de pequena produção.

A Portaria n.º 60-E/2015 veio alterar a Portaria n.º 14/2015, de 23 de janeiro, e determina o montante das taxas previstas no Decreto-Lei n.º 153/2014.

Com a publicação do já referido Decreto-Lei 153/2014 de 20 de outubro, foram revistos e criados alguns conceitos que importa referir:

- **Comercializador** - a entidade titular de um registo de comercialização de eletricidade em mercado, ou qualquer outro operador legalmente autorizado;
- **Energia consumida** - a energia usada na instalação elétrica proveniente da UPAC ou da RESP;

- **Energia acumulada** - a energia elétrica armazenada em equipamento de acumulação para reserva, destinada a posterior consumo;
- **Entidade instaladora** - entidade detentora de alvará emitido pelo Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção (I.M.P.I.C) para instalação do sistema para produção de eletricidade, ou do técnico responsável pela execução a título individual, de instalações elétricas até 50kVA;
- **Operador de rede** - entidade de concessão da qual é autorizada a exercer a atividade de transporte e distribuição de eletricidade;
- **Ponto de ligação** - ponto que limita a instalação de produção e a instalação elétrica de utilização a que se encontra ligada;
- **Potência contratada** - corresponde ao limite de potência estabelecida com um comercializador, quando se trata de instalações em baixa tensão normal, ou a potência disponibilizada no ponto de entrega pelo Operador das redes de Distribuição (ORD), ligadas em tensão especial, em AT;
- **Potência instalada** – corresponde à potência ativa (em kW) e aparente (em KVA), dos equipamentos de produção de eletricidade;
- **Potência de ligação** - estabelece a potência máxima ou a potência nominal à saída nas instalações com inversor, que o produtor pode injetar na rede;
- **Produtor** - entidade possuidora de registo para a produção de eletricidade através de unidade de produção;
- **Promotor** - entidade interessada em obter um registo para produção de eletricidade através de uma unidade de produção;
- **SERUP, Sistema de Eletrónico de Registo da Unidades de Produção** - plataforma eletrónica de ligação entre a Administração Pública e os demais intervenientes neste processo de registo;
- **Unidade de produção (UP)** - corresponde às UPAC e UPP.

Os conceitos referidos estão esquematizados, de uma forma simplificada, na Figura 2.1.

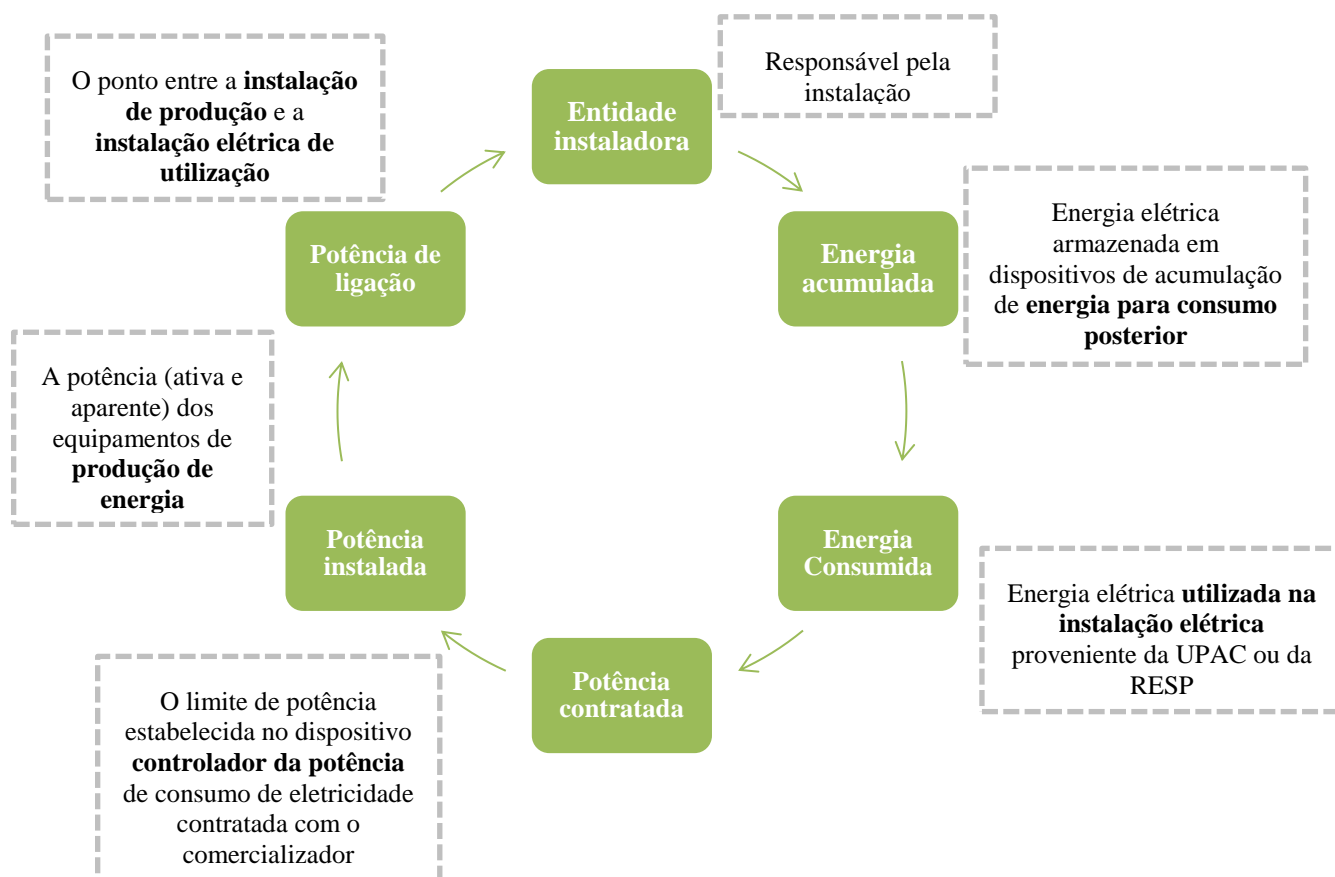


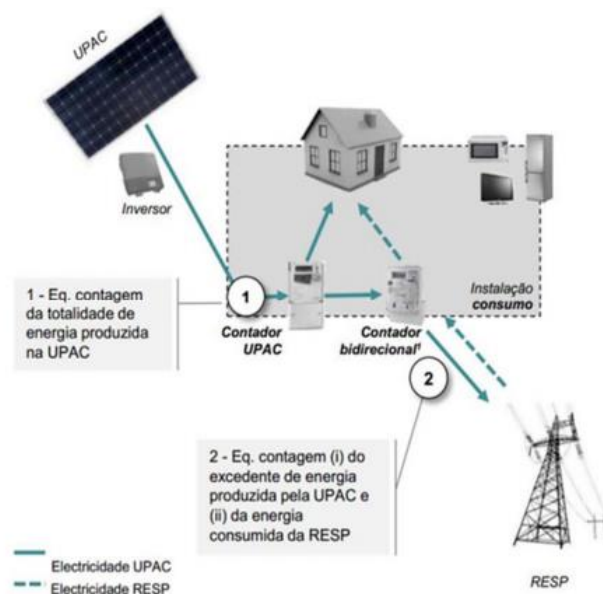
Figura 2. 1 - Esquematização dos conceitos referidos no Decreto-Lei 153/2014.

### 2.1.1. Autoconsumo

As Unidades de Produção para Autoconsumo são sistemas dimensionados para produzirem, preferencialmente, com o objetivo de satisfazer as necessidades de consumo. Nestes sistemas, a energia elétrica é instantaneamente injetada na instalação de consumo e o excedente é injetado na RESP, evitando os desperdícios, ou armazenado em baterias.

Na Figura 2.2 é apresentado um esquema de uma Unidade de Produção para Autoconsumo.

A eficiência global de uma UPAC está associada ao perfil de consumo, ou seja, quanto mais semelhante for o perfil de consumo com o perfil de produção dos painéis fotovoltaicos, melhor é a eficiência global da UPAC. Além disso, estas unidades de produção são instaladas no local de consumo.



**Figura 2. 2 - Esquema de uma UPAC** (Energia.pt, 2018).

Um dos requisitos obrigatórios para a instalação das UPAC é de que a potência de ligação da UPAC seja inferior à potência contratada na instalação de consumo. Por outro lado, exige-se também que a potência da UPAC não seja superior a duas vezes a potência de ligação.

Para potências instaladas superiores a 1,5kW e ligação à RESP, é obrigatório efetuar a contagem da eletricidade total produzida pela UPAC, sendo que para isso o contador tem de possuir a funcionalidade de telecontagem.

Deste modo, e ao contrário do que acontecia anteriormente, esta telecontagem é possível ser realizada por dois contadores (um para a instalação elétrica e outro para a unidade de produção de energia), ou por um contador bidirecional próprio para o efeito.

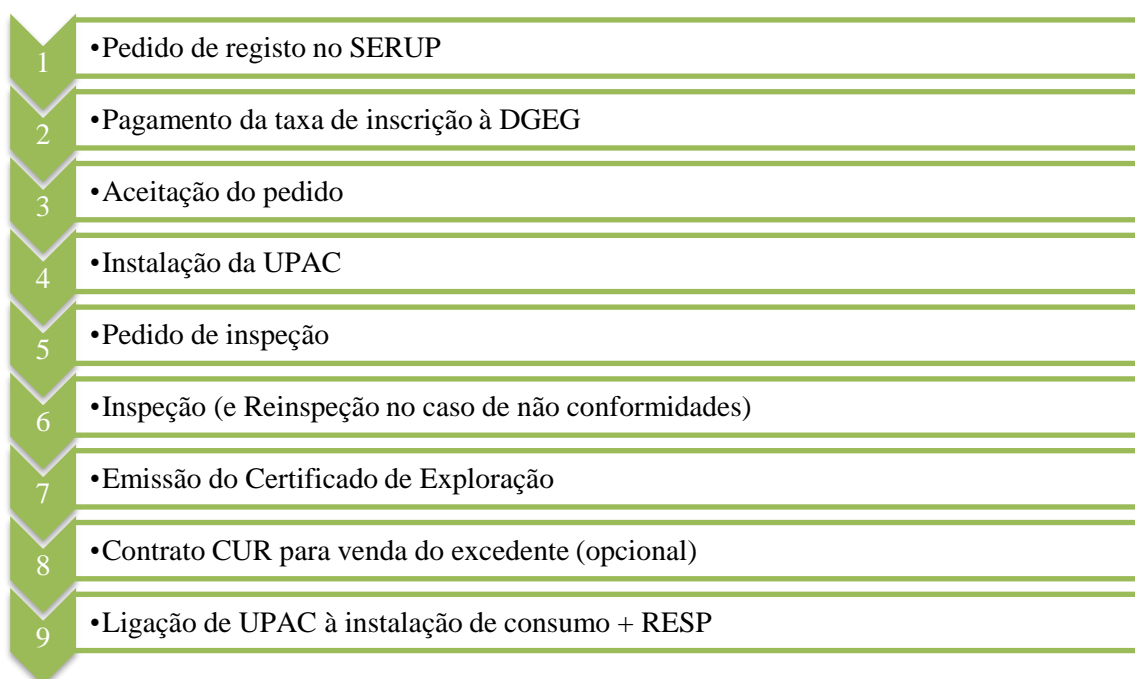
As UPAC cuja instalação de consumo não se encontre ligada à RESP não necessitam de equipamentos de contagem de energia.

No caso de sistemas com capacidade instalada inferior a 1MW e com ligação à RESP, o produtor e o Comercializador de Último Recurso (CUR) devem celebrar um contrato de compra e venda da eletricidade produzida e não consumida, com um prazo máximo de 10 anos, renovável por 5 anos.

O resumo dos requisitos para a instalação de uma UPAC, de acordo com a potência instalada é feito na Figura 2.3, apresentando-se na Figura 2.4 um exemplo de registo de uma UPAC com potência compreendida entre 1,5kW e 1MW.



**Figura 2. 3 – Resumo de requisitos das UPAC por potência instalada.**



**Figura 2. 4 - Exemplo de Registo de UPAC com potência compreendida entre 1,5kW e 1MW.**

### 2.1.2. Remuneração da energia elétrica produzida injetada na RESP

O excedente da produção elétrica é injetado na rede e remunerado ao preço da “pool”, deduzido de 10% para compensar os custos de injeção e é calculado através da seguinte fórmula:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9 \quad (1)$$

Onde:

$R_{UPAC,m}$  – corresponde à remuneração (em euros) da eletricidade fornecida à RESP no mês ‘ $m$ ’;

$E_{fornecida, m}$  – relativo à energia (em kWh), fornecida no mês ‘ $m$ ’;

$OMIE_m$  – referente ao valor (em €/kWh) resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do Operador de Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativo ao mês ‘ $m$ ’;

$m$  – mês a que se refere a contagem de energia elétrica fornecida à RESP.

A energia elétrica das UPAC consumida pode beneficiar da transação futura de Garantias de Origem, sendo que a energia injetada na rede já não confere esse direito.

Por forma a agilizar os procedimentos administrativos e evitar pequenos montantes nas faturas, o regime de faturação pode ser dilatado no tempo, por exemplo apenas uma fatura anual.

### 2.1.3. Compensação paga ao sistema

Quando a potência instalada das UPAC é superior a 1,5kW e cuja instalação de consumo esteja ligada à RESP, é obrigatório o pagamento de uma compensação fixa mensal nos primeiros 10 anos após obtenção do certificado de exploração, que permite recuperar uma parcela dos Custos de Interesse Económico Geral (CIEG) na tarifa de uso global do sistema.

A compensação é apurada pelo ORD e faturada pelo CUR, podendo ser emitida com uma periodicidade anual, nos casos quem que os valores sejam de pequenas dimensões.

A compensação a pagar é calculada pela seguinte fórmula:

$$C_{UPAC,m} = P_{UPAC} \times V_{CIEG,t} \times K_t \quad (2)$$

Sendo:

$C_{UPAC,m}$  - Compensação paga no mês ‘ $m$ ’ por cada kW de potência instalada, que permite recuperar uma parcela dos custos decorrentes de medidas de política energética, de sustentabilidade ou de interesse económico geral (CIEG) da tarifa de uso global do sistema, relativamente ao regime de produção de eletricidade em autoconsumo;

$P_{UPAC}$  - Valor da potência instalada da UPAC, indicada no certificado de exploração da UPAC;

$V_{CIEG,t}$  - Valor que permite recuperar os CIEG da respetiva UPAC, medido em €/kW, apurado no ano ‘ $t$ ’ nos termos do número seguinte;

$K_t$  - Coeficiente de ponderação, compreendido entre 0% e 50% a aplicar ao ‘ $V_{CIEG,t}$ ’ tendo em consideração a representatividade da potência total instalada das UPAC no Sistema Elétrico Nacional, no ano ‘ $t$ ’;

$t$  - Ano de emissão do certificado de exploração da respetiva UPAC;

$$V_{CIEG,t} = \sum_{n=0}^2 (Cieg_i^p(t-n)) \times \frac{1}{3} + \sum_{n=0}^2 (Cieg_{i,h}^e(t-n)) \times \frac{1}{3} \times \frac{1.500}{12} \quad (3)$$

A compensação a pagar ao sistema apenas se torna efetiva quando a representatividade das UPAC seja superior a 1% da potência total instalada no SEN.

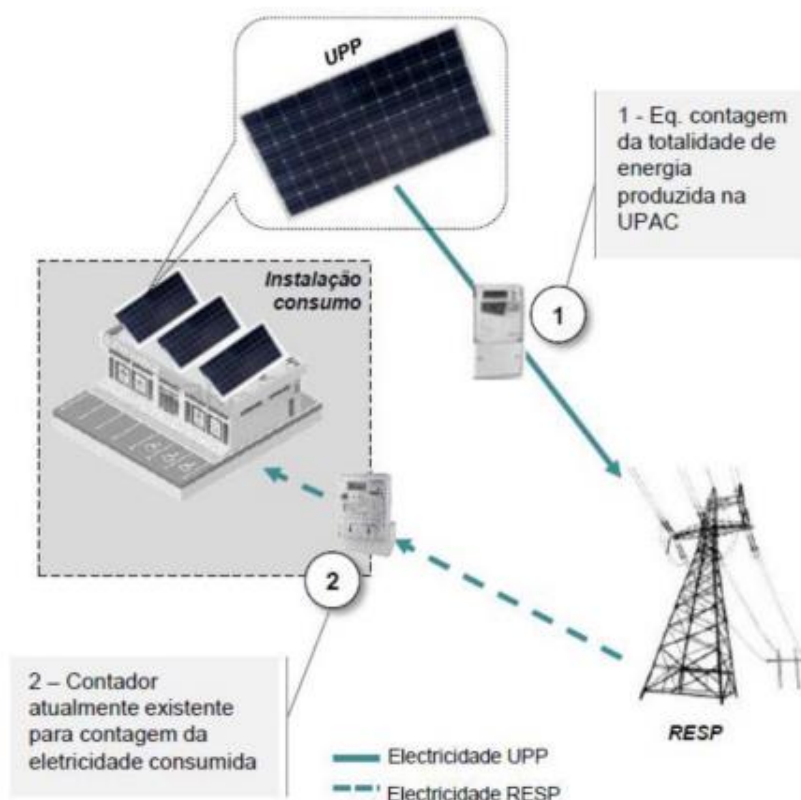
Caso seja inferior a 1% do total acumulado de UPAC,  $K_t=0$ , sendo que por isso o valor da compensação será nulo.

No caso de exceder 1% da representatividade das UPAC instaladas, a compensação passa a ser devida pelas novas UPAC nas seguintes condições:

- $K_t=50\%$  - quando a potência acumulada de UPAC instaladas exceda 3% do total da potência instalada no SEN;
- $K_t=30\%$  - enquanto a potência acumulada de UPAC instaladas não exceda 3% do total da potência instalada no SEN.

## 2.2. Pequena Produção

As Unidades de Pequena Produção (UPP), têm como objetivo a injeção total da energia produzida à RESP. A energia produzida é proveniente de uma tecnologia de fonte de energia renovável. Na Figura 2.5 é apresentado um esquema de funcionamento de uma Unidade de Pequena Produção.



**Figura 2. 5 – Modelo de Funcionamento UPP** (Energia.pt, 2018).

Nas UPP a ligação à RESP é obrigatória, sendo a fonte de energia obrigatoriamente renovável. Por outro lado, a energia é vendida à rede elétrica na sua totalidade, sendo o abastecimento elétrico da habitação feito a partir da RESP. Este tipo de unidades de produção de energia é mais utilizado quando o perfil de consumo é díspar do perfil de produção.



A potência de ligação da UPP tem de ser inferior à potência contratada na instalação e nunca superior a 250W e a energia produzida pela UPP, numa base anual, não pode exceder o dobro da eletricidade consumida.

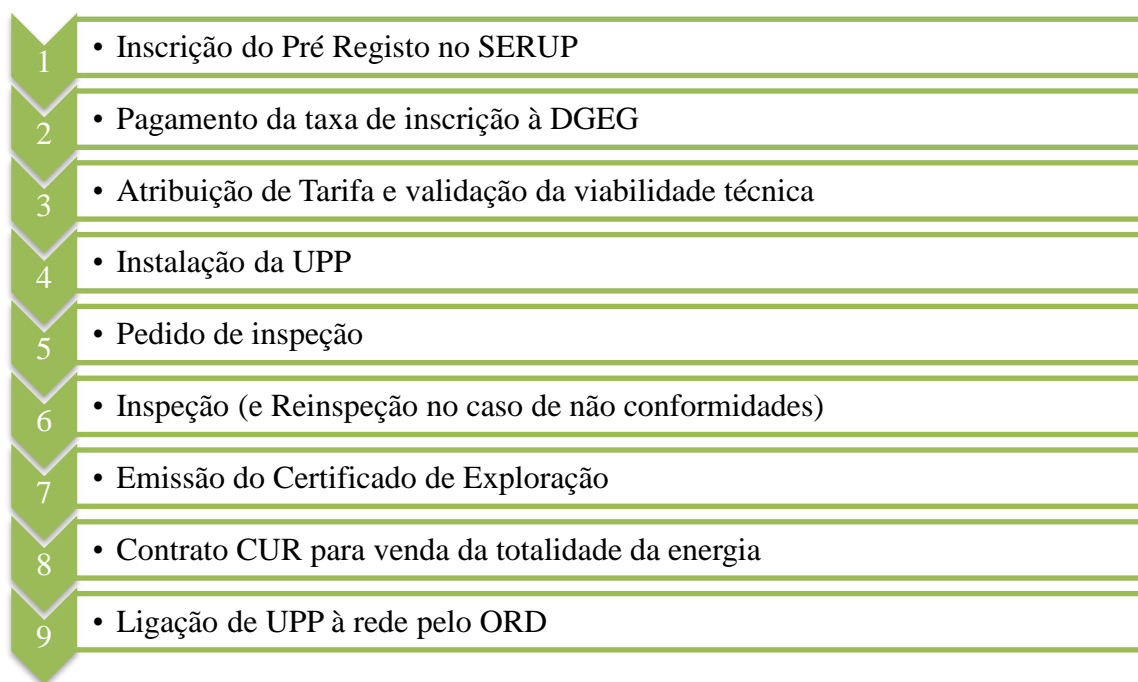
A quota anual de potência de ligação total em cada ano civil não pode ultrapassar os 20MW, encerrando o SERUP automaticamente quando esse valor é atingido.

De modo a aceder-se à respetiva potência, as unidades de produção devem estar enquadradas numa das categorias indicadas no quadro da Figura 2.6, apresentando-se na Figura 2.7 o procedimento para o licenciamento de uma UPP.

<b>Categoria I</b>	<b>UPP</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtor que pretende proceder apenas à instalação de uma UPP</li> </ul>	
<b>Categoria II</b>	<b>UPP + Tomada de Veículo Elétrico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtor que para além da instalação de uma UPP, pretende instalar no local de consumo associado àquela, uma tomada elétrica para o carregamento de veículos elétricos</li> </ul>	
<b>Categoria III</b>	<b>UPP + Solar Térmico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtor que para além da instalação de uma UPP, pretende instalar no local de consumo associada àquela, coletores solares térmicos com área útil com um mínimo de 2m<sup>2</sup> de área útil ou de instalação de caldeira a biomassa</li> </ul>	

**Figura 2. 6 – Categorias das Unidades de Produção.**

Adicionalmente, mediante despacho da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), procede-se anualmente ao estabelecimento da quota de potência de ligação a alocar ao ano seguinte, a programação de alocação da quota anual através do SERUP e eventuais saldos de potência não atribuída em anos anteriores.



**Figura 2. 7 – Licenciamento de uma UPP.**

### **2.3. Remuneração da energia elétrica injetada na RESP**

A energia elétrica produzida pela UPP e entregue à RESP é remunerada com base num modelo de licitação, no qual os concorrentes oferecem descontos à tarifa de referência. Assim, dentro dos maiores descontos fica apurado o maior valor de tarifa.

Para cada categoria, mencionada anteriormente, existe uma tarifa de referência, que é estipulada por Portaria, pelo membro do Governo responsável pela Energia até ao dia 15 de dezembro de cada ano.

A tarifa de referência varia conforme o tipo de energia primária usada, sendo aplicada consoante a aplicação das seguintes percentagens:

- a) Solar – 100%;
- b) Biomassa – 90%;
- c) Biogás – 90%;
- d) Eólica – 70%;
- e) Hídrica – 60%.

A energia elétrica vendida é limitada a 2,6 MWh/ano para a energia Solar e Eólica, e 5MWh/ano no caso da Biomassa, Biogás e Hídrica por cada quilowatt de potência instalada.

A tarifa de remuneração não é acumulável com outro tipo de incentivos à produção de energia elétrica produzida em regime especial, como por exemplo, Garantia de Origem.

Além disso, a tarifa de remuneração atribuída em leilão vigora por um período de 15 anos, após este período, o produtor entra num regime geral de produção em regime especial

No caso das UPP, a contagem da energia elétrica é obrigatória para todas as potências como elemento chave na faturação. Os contadores devem ser colocados em acesso livre ao comercializador e ao ORD. A telecontagem é efetuada por um contador bidirecional, isto é, um contador que assegure a contagem líquida dos dois sentidos (compra e venda da eletricidade).

Para a venda da eletricidade, o produtor e o CUR devem celebrar um contrato para o efeito.

O CUR dá conhecimento ao SERUP da conclusão do contrato de compra e venda de eletricidade com o produtor. Por sua vez, o SERUP avisa o ORD para proceder a ligação da UPP à RESP, a data de ligação é registada no SERUP pelo ORD. O contrato de compra e venda deve ser aprovado pela DGEG.

Além disso, são pagas taxas sempre que são realizados pedidos de registo da UP, solicitações de reinspecção, pedidos de averbamento de alterações ao registo e realização de inspeções periódicas da UP.

O valor das taxas está estipulado segundo a Portaria 14/2015 de janeiro de 2015, sendo as seguintes:

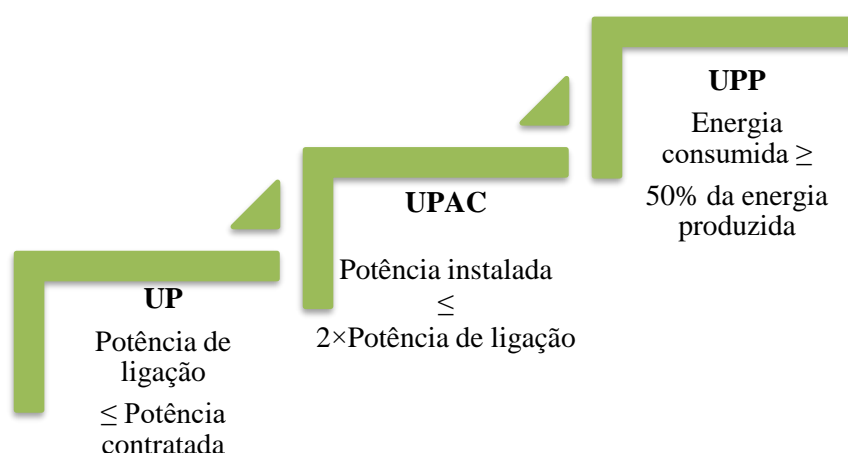
- 1) Taxa de registo da UPP e da UPAC com injeção de potência na rede:
  - a. Com potência instalada até 1,5 kW – 30,00€
  - b. Com potência instalada de 1,5kW a 5kW – 100,00€
  - c. Com potência instalada de 5kW a 100kW – 250,00€
  - d. Com potência instalada de 100kW a 250kW – 500,00€
  - e. Com potência instalada de 250kW a 1MW – 700,00€

- 2) Taxa para registo da UPAC sem injeção de potência na rede:
  - a. Com potência instalada de 1,5kW a 5kW – 70,00€
  - b. Com potência instalada de 5kW a 100kW – 175,00€
  - c. Com potência instalada de 100kW a 250kW – 300,00€
  - d. Com potência instalada de 250kW a 1MW – 500,00€;
- 3) Taxa de reinspeção - 30% do valor da taxa aplicável ao registo;
- 4) Taxa de inspeção periódica – 20% do valor da taxa aplicável ao registo;
- 5) Taxa para averbamento de alteração ao registo que não careça de certificado de exploração de UP sem injeção de potência na rede – 20% do valor da taxa aplicável ao registo;
- 6) Taxa de averbamento de alteração do registo que careça de certificado de exploração de UP com injeção de potência na rede – 40% do valor da taxa aplicável ao registo.

A inspeção periódica para potência instalada superior a 1,5kW realiza-se ao fim de 6 anos.

## 2.4. Registo da UP

As Unidades de Produção (UP) abrangem as UPAC e as UPP. Todo o processo de registo das UP é realizado via plataforma eletrónica, SERUP, sendo os requisitos para acesso ao registo apresentados na Figura 2.8.



**Figura 2. 8 – Requisitos para acesso ao registo de uma UP.**

Se um condómino pretender colocar uma UP, mas necessitar de utilizar espaço comum do prédio para a respetiva instalação ou a passagem de cablagem, carece de uma autorização da assembleia de condóminos. O registo para instalação de UP em nome do condomínio, o eventual recurso a financiamento e as condições deste, são deliberadas por maioria dos votos correspondente a mais de metade do valor do prédio.

Para a obtenção do certificado de exploração, o promotor, através do SERUP, efetua o registo da UP e após a verificação da sua conformidade será emitido o certificado de exploração.

No caso das UPAC, quando aplicável, será ligada a UPAC à instalação após emissão do certificado de exploração definitivo. Esta instalação é prevista de modo a ser consumida a eletricidade gerada, exportando eventuais excedentes para a RESP, quando aplicável. Para a exportação dos excedentes de eletricidade, deverá existir a celebração do contrato de venda da eletricidade excedente, solicitando a emissão de garantias de origem.

No caso das UPP, liga-se a instalação de UPP à RESP após emissão do certificado de exploração definitivo, celebrando-se um contrato de venda da totalidade da eletricidade proveniente da UPP, recorrendo apenas a uma tecnologia de produção.

O Produtor tem os seguintes deveres:

- ✓ Suportar o custo das alterações da ligação da instalação à RESP;
- ✓ Suportar custos associados aos contadores;
- ✓ Entregar à RESP a totalidade da energia ativa produzida na UPP;
- ✓ Dimensionar a UPAC de forma a garantir a aproximação, sempre que possível, da energia elétrica produzida com a quantidade de energia elétrica consumida na instalação elétrica de utilização;
- ✓ Celebrar um seguro de responsabilidade civil para reparar danos corporais ou materiais;
- ✓ Assegurar que os equipamentos de produção instalados se encontram certificados;
- ✓ No fim da atividade, adotar os procedimentos necessários para desativação e remoção da UP.

A instalação da UP é executada por uma entidade instaladora. Esta deve assegurar que os equipamentos são certificados e que a instalação realizada se encontra em conformidade com a legislação em vigor.

Para este efeito, todas as entidades instaladoras podem inscrever-se na plataforma eletrónica SERUP.

## **2.5. SERUP – Sistema Eletrónico de Registo da Unidade de Produção**

O SERUP corresponde a uma plataforma eletrónica, na qual são processados os pedidos de registo e certificados de exploração, assim como outros elementos referidos no regulamento.

Esta plataforma pode ser acessível através do Portal do Cidadão e do Portal da Empresa e permite o acesso à informação disponibilizada na área reservada ao produtor e aos profissionais no SERUP, assim como a submissão eletrónica de pedidos de registo, de autorização, de aprovação, de comunicações, de documentos e peças desenhadas.

Além disto, disponibiliza um formulário para pedido de inspeção ou reinspeção para emissão do certificado de exploração, permite a consulta online e a gestão pelos interessados do estado dos equipamentos, licenciamento, e validade dos certificados.

Possibilita ainda o envio e receção eletrónica das decisões ou dos certificados emitidos e a identificação dos produtores e das entidades instaladoras.

## **2.6. Análise dos sistemas instalados**

Com base nos dados disponibilizados na plataforma SERUP, nomeadamente os dados de registo das UPAC entre os períodos de março de 2015 e julho de 2017, foi efetuada uma análise estatística com o intuito de perceber qual tipo de registos foram mais comuns durante aquele período.

As tabelas 2.1 a 2.3 apresentam o tratamento dos dados disponíveis referentes ao registo das UPAC por ano. Foi realizada uma análise estatística muito simplificada, onde se verificou qual a potência total instalada, moda, máximo e mínimo para cada ano considerado.

Tabela 2.1 – Registos de UPAC 2015.

2015						
UPAC	UPAC Rejeitada		MCP		MCP em Análise	
	Potência Instalada (kW)	Potência de Ligação (kW)	Potência Instalada (kW)	Potência de Ligação (kW)	Potência Instalada (kW)	Potência Instalada (kW)
<b>Total</b>	22728,14	14391,99	2222,89	1638,68	2747,72	4342,83
<b>Média</b>	51,29	39,21	27,37	11,85	0,93	59,23
<b>Moda</b>	5,00	0,00	N/A	N/A	0,50	N/A
<b>Máximo</b>	1000,00	840,00	700,00	700,00	20,00	1000,00
<b>Mínimo</b>	0,50	0,00	2,00	0,00	0,22	0,00

Tabela 2.2 – Registos de UPAC 2016.

2016						
UPAC	UPAC Rejeitada		MCP		MCP em Análise	
	Potência Instalada (kW)	Potência de Ligação (kW)	Potência Instalada (kW)	Potência de Ligação (kW)	Potência Instalada (kW)	Potência Instalada (kW)
<b>Total</b>	33115,87	22820,82	503,17	374,90	5250,41	590,36
<b>Média</b>	46,81	39,74	30,10	27,86	1,07	52,52
<b>Moda</b>	3,0	10,0	N/A	N/A	0,50	N/A
<b>Máximo</b>	1000,0	1000,0	128,96	125,00	750,00	250,00
<b>Mínimo</b>	0,3	0,3	1,50	0,00	0,25	0,50

Tabela 2.3 – Registos de UPAC 2017.

2017						
	UPAC		UPAC Rejeitada		MCP	MCP em Análise
	Potência Instalada (kW)	Potência de Ligação (kW)	Potência Instalada (kW)	Potência de Ligação (kW)	Potência Instalada (kW)	Potência Instalada (kW)
<b>Total</b>	25184,24	11081,83	1572,89	741,03	2273,15	5236,01
<b>Média</b>	51,22	32,13	86,16	41,94	0,79	138,41
<b>Moda</b>	1,56	5,00	1,56	N/A	0,52	520
<b>Máximo</b>	999,81	725,00	999,34	310,00	1,56	780,00
<b>Mínimo</b>	-	-	-	-	-	-



### **3. DISPONIBILIDADE DOS CONSUMIDORES RESIDENCIAIS PARA INVESTIR EM SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS<sup>1</sup>**

Apesar da atitude positiva dos portugueses em relação aos investimentos em sistemas inovadores com recurso a energia renovável, nomeadamente em projetos solares e novas centrais hidroelétricas (Ribeiro, Ferreira, Araújo, & Braga, 2014), o número de consumidores residenciais a adotar sistemas de energia fotovoltaica é ainda relativamente baixo, apesar da existência de legislação específica e de algumas medidas de apoio.

No entanto, o sucesso das políticas que incentivem a produção de energia através de sistemas fotovoltaicos no sector residencial requer a aceitação e angariação do consumidor com novas e emergentes tecnologias energéticas, sendo o seu papel fundamental para a implementação de políticas energéticas (Sommerfeld, Buys, & Vine, 2017).

Tendo em vista avaliar as perceções e a disposição do consumidor residencial em investir na instalação de sistemas fotovoltaicos, foi realizado um levantamento suportado num inquérito on-line dirigido aos consumidores residenciais na cidade de Coimbra.

#### **3.1. Casos de Estudo e Metodologia de inquéritos**

Diversos estudos de literatura científica sobre a disposição dos consumidores em pagar por energias renováveis têm sido realizados, sendo que apenas alguns se concentram na disposição para investir em energias renováveis (*Willingness To Pay* - WTP) no sector residencial (Su, Liu, Streimikien, Balezentis, & Alisauskaite-Seskiene, 2018).

Entre dezembro de 2009 e janeiro de 2010, foi realizado um levantamento a cerca de 200 consumidores gregos, com o objetivo de serem identificados os fatores que afetam os

---

<sup>1</sup> Baseado em: “Joana Figueira, Dulce Coelho, Fernando Lopes (2018). How much are Portuguese residential consumers willing to invest in photovoltaic systems?. GreeNets 2018 - 5th EAI International Conference on Green Energy and Networking, 21-23 November 2018 Guimaraes, Portugal”.

consumidores na adoção de sistemas com fontes de energia renováveis no sector residencial na Grécia (Sardianou & Genoudi, 2013).

Outro trabalho (Claudy, Michelsen, O'Driscoll, & Mullen, 2010) examina mais pormenorizadamente a consciência sobre a microgeração e apresenta resultados de um estudo nacionalmente representativo realizado na República da Irlanda. Foi realizada uma pesquisa em março de 2009 com o intuito de identificar o nível de consciencialização dos sistemas de migrogeração, através de uma amostragem de 1010 adultos com idades superiores a 15 anos, assegurando a igualdade de género, classe Por outro lado, na Irlanda foi realizado uma pesquisa em março de 2009 com o intuito de identificar o nível de consciencialização dos sistemas de migrogeração, através de uma amostragem de 1010 adultos com idades superiores a 15 anos, assegurando a igualdade de género, classe social, idade e região.

Neste contexto, outro estudo (Su, Liu, Streimikien, Balezentis, & Alisauskaite-Seskiene, 2018) apresenta igualmente os resultados de um inquérito suportado num questionário realizado com o objetivo de identificar as preferências em sistemas de energias renováveis (microgeração) no sector residencial. Os inquiridos eram proprietários de casas individuais que viviam em Kaunas ou na região de Kaunas, Lituânia, no período de abril a junho de 2016.

Um outro estudo (Palm & Eriksson, 2018) foi realizado visando uma análise aprofundada de como os consumidores Suecos do sector residencial procuram e interpretam as informações sobre sistemas fotovoltaicos, bem como para discutir como fazer chegar esta informação a diferentes grupos de consumidores. Os resultados deste estudo baseiam-se em três entrevistas realizados entre o Outono de 2013 e o Outono de 2016.

Um outro trabalho (Schelly, 2014) apresenta um estudo que teve como objetivo explorar como motivar os proprietários a adotarem sistemas fotovoltaicos no sector residencial, baseando-se em entrevistas com os proprietários de imóveis em todo o estado de Wisconsin, que instalaram esta tecnologia. As entrevistas foram realizadas entre abril e novembro de 2011 e envolveram 48 indivíduos em 36 domicílios.

### 3.2. Inquérito por questionário e perfil dos inquiridos

O inquérito realizado teve como base um questionário elaborado de modo a ser de simples interpretação e rápido, esperando-se a sua realização num tempo máximo de 5 minutos, por forma a aumentar a probabilidade de receber um maior número de respostas.

O questionário foi elaborado considerando três grupos de questões, todas de escolha múltipla: o primeiro grupo está relacionado com a caracterização socioeconómica do inquirido, o segundo grupo corresponde às características da habitação; o terceiro e último grupo questiona a existência de sistemas de energias renováveis na habitação e a disponibilidade para investir em sistemas fotovoltaicos no sector residencial.

Este questionário foi realizado em suporte informático (*Google Forms*), preservando o anonimato dos inquiridos, entre julho e setembro de 2018. Foi enviado a um universo de 110 consumidores residenciais, sendo a sua taxa de sucesso de cerca de 80% de respostas válidas recebidas.

Os 88 inquiridos cujas respostas foram validadas são residentes na cidade de Coimbra. A idade média dos inquiridos é de 52 anos e as suas idades variam entre os 25 a 78 anos. A maioria dos entrevistados tem entre 25 e 40 anos (55,7%), 33% entre 40 e 60 anos e apenas 11,7% acima de 70 anos (ver Tabela 3.1).

**Tabela 3.1 – Faixa etária dos inquiridos.**

Faixa Etária		
[25 anos ; 40 anos]	]40 anos ; 60 anos]	] 60 anos ; 78 anos]
55,7%	33,0%	11,3%

Relativamente ao nível de escolaridade, a generalidade dos inquiridos detém formação universitária, sendo que a maioria (68,2%) possui uma licenciatura ou um mestrado, 20,5% possui doutoramento e apenas 11,4% dos participantes neste estudo detêm graduação secundária como nível académico (ver Tabela 3.2).

**Tabela 3.2 – Habilitações académicas dos inquiridos.**

<b>Habilitações Académicas</b>		
<b>Ensino Básico e Ensino Secundário</b>	<b>Licenciatura e Mestrado</b>	<b>Doutoramento</b>
11,4%	68,2%	20,5%

Além da idade e do nível de escolaridade, os inquiridos foram questionados sobre o número de pessoas por habitação, tipo de habitação e rendimento do agregado familiar. Quase metade dos inquiridos, vive em habitações de 3 a 4 pessoas. Outra grande parte, corresponde a agregados familiares de 1 a 2 pessoas. Apenas para cerca de 8% dos inquiridos, a composição do agregado familiar é superior a 4 pessoas (ver Tabela 3.3).

**Tabela 3.3 – Composição do Agregado familiar.**

<b>Composição do Agregado Familiar</b>		
<b>[1;2]</b>	<b>[3;4]</b>	<b>&gt; 4</b>
43,2%	48,9%	8,0%

Metade dos agregados familiares auferem rendimentos entre os 1000 € e 2500 €/mês, 11% têm um rendimento inferior a 1000 €/mês e apenas 39% dos agregados familiares têm um rendimento superior a 2500 €/mês (ver Tabela 3.4).

**Tabela 3.4 – Rendimento do Agregado Familiar.**

<b>Rendimento do Agregado Familiar Mensal</b>		
<b>&lt; 1.000,00€</b>	<b>[1.000,00€ ; 2.500,00€]</b>	<b>&gt; 2.500,00€</b>
11%	50%	39%

No que diz respeito à caracterização da habitação, a grande maioria dos inquiridos possui casa própria. Cerca de 30% vivem em moradia unifamiliar, 12,5% vive em condomínio com mais de 18 alojamentos e a maioria (50%) vive em condomínio com um número de alojamentos entre 3 e 18. Quase todos os edifícios envolvidos na amostra são utilizados exclusivamente para habitação (ver Tabela 3.5).

**Tabela 3.5 – Caracterização da habitação.**

Número de Pisos do Edifício		
[1;2]	[3;6]	> 6
37,5%	52,3%	10,2%

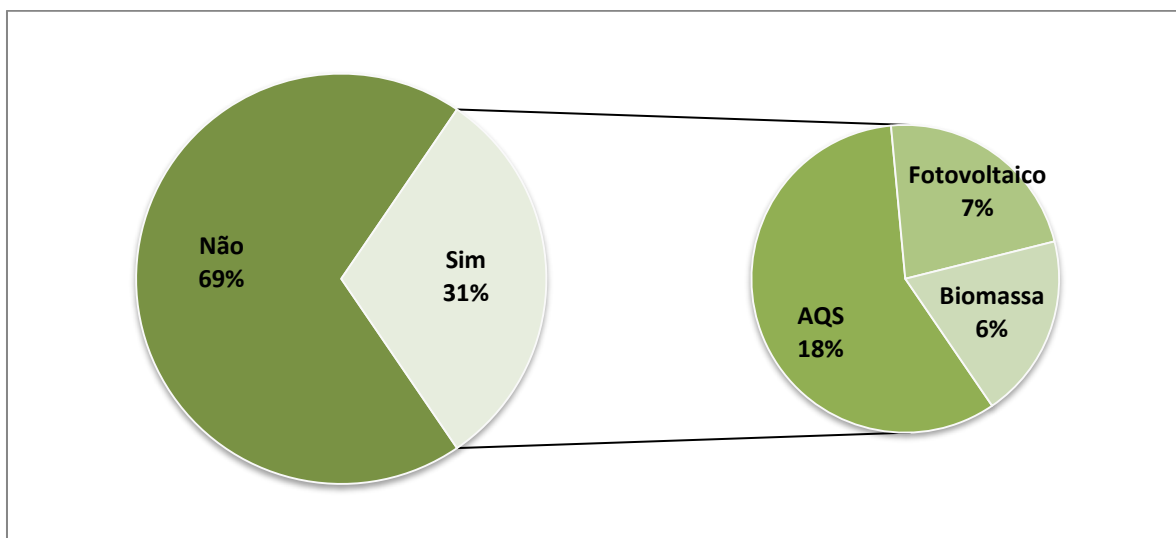
  

Número de Alojamentos		
[1;2]	[3;18]	>18
29,5%	58,0%	12,5%

### 3.3. Disponibilidade para investir em energias renováveis

Para analisar e avaliar as perceções e a disponibilidade do consumidor residencial em investir na instalação de sistemas fotovoltaicos, foram incluídas no questionário questões adicionais relativas à existência de sistemas de energia renovável na habitação, ao nível de conhecimento dos sistemas de energias renováveis, relativamente ao interesse em investir nestes sistemas e quanto estariam dispostos a investir num sistema fotovoltaico.

Apenas 31% das habitações pesquisadas tem um sistema de energia renovável presentemente instalado. Dos sistemas identificados, 7% correspondem a sistemas fotovoltaicos para produção de eletricidade, 6% referem-se a unidades de biomassa para aquecimento e 18% referem-se a sistemas solares térmicos para produção de água quente, como indicado na Figura 3.1.



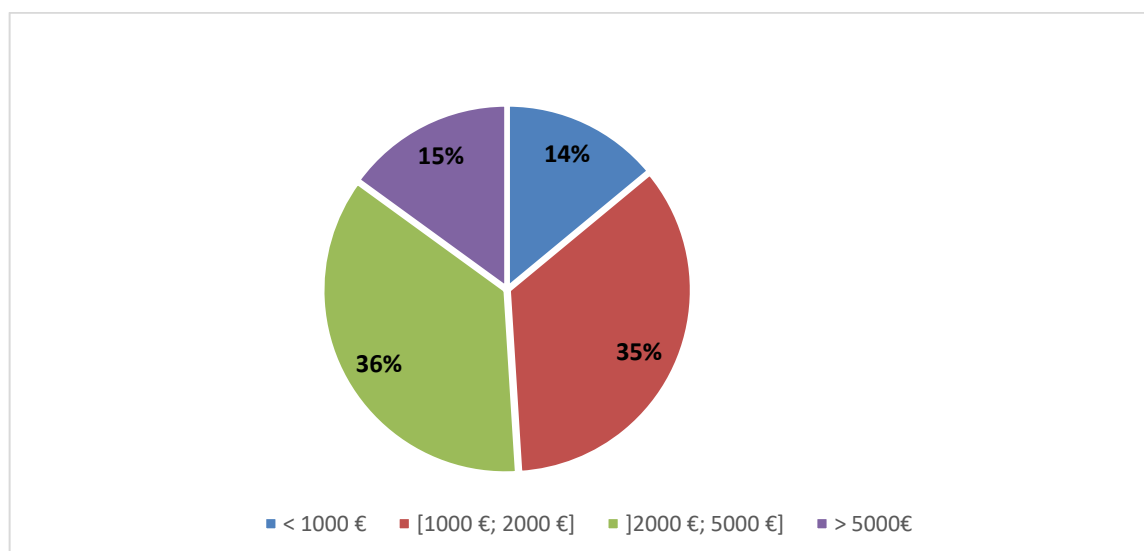
**Figura 3.1 – Existência de sistemas de energias renováveis.**

No que respeita ao impacto na fatura de eletricidade, 89% dos consumidores inquiridos, que possuem atualmente algum tipo de sistema de energias renováveis, afirmam verificarem reduções nos montantes da sua fatura.

Quando questionados sobre o interesse em investir em sistemas fotovoltaicos, cerca de dois terços dos entrevistados (67%) não manifestaram interesse neste tipo de investimento. O gráfico apresentado na Figura 3.2 ilustra os resultados obtidos em relação ao número de consumidores residenciais que estão dispostos a investir num sistema fotovoltaico, expressos em percentagem, por intervalo do valor de investimento considerado.

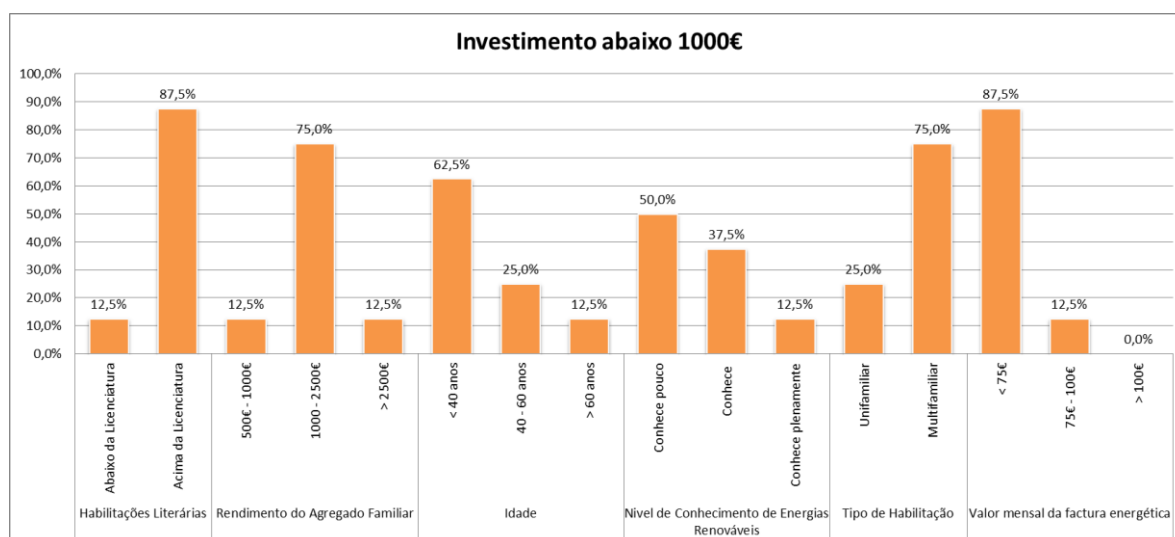
Os intervalos de investimento considerados foram definidos com bases na avaliação técnico-económica de diferentes unidades de produção fotovoltaica (UPP e UPAC) apresentada no Ponto 4.2.

Como expectável, a percentagem de respostas de consumidores dispostos a investir mais do que 5000 € é baixa. No entanto, a percentagem mais baixa de respostas corresponde ao grupo de consumidores dispostos a investir até 1000 €. Este resultado poderá estar relacionado, por um lado, com o conhecimento/ideia preformada do custo inicial de um sistema fotovoltaico e, por outro, com o rendimento do agregado familiar.

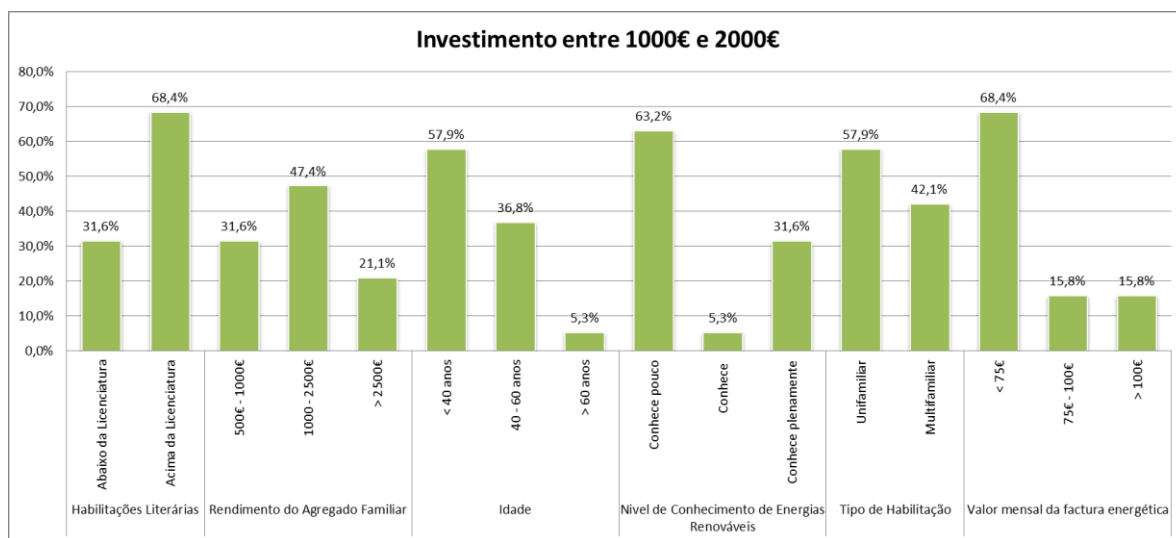


**Figura 3.2 – Percentagem de consumidores residenciais dispostos a investir.**

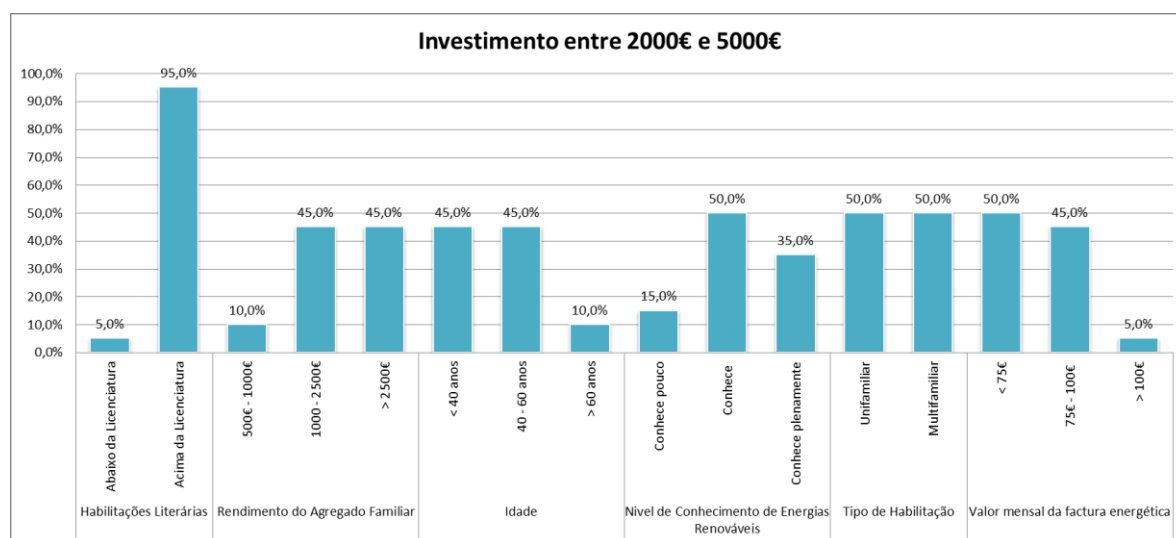
Os gráficos das figuras 3.3 a 3.6 apresentam, por intervalo do valor de investimento, a caracterização dos consumidores residenciais dispostos a investir em sistemas fotovoltaicos, de acordo com as características da habitação, rendimento do agregado familiar e com a situação socioeconómica dos inquiridos.



**Figura 3.3 – Caracterização dos consumidores dispostos a investirem até 1000€ em sistemas fotovoltaicos.**

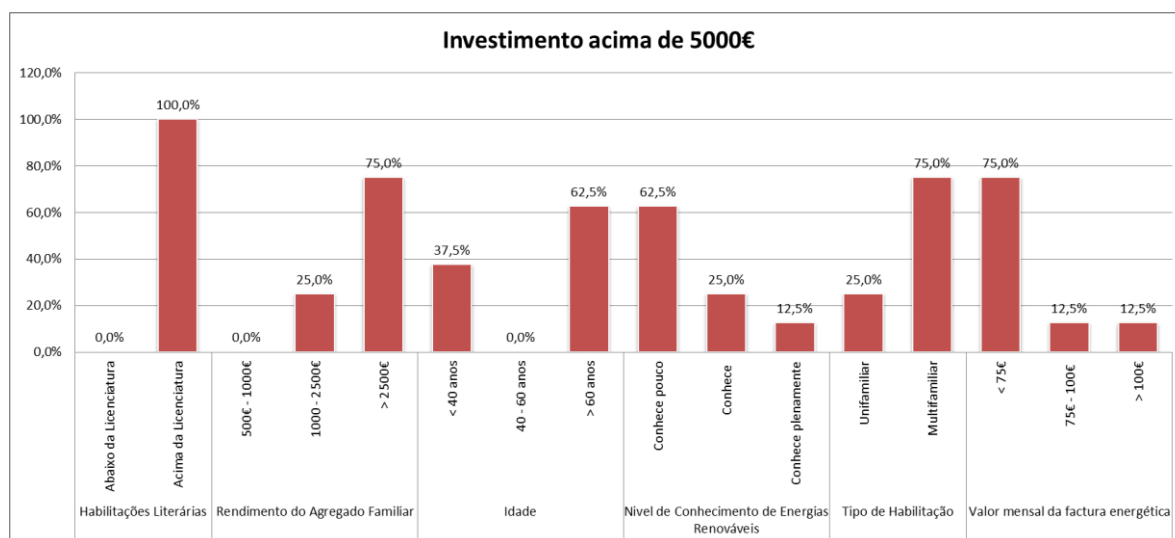


**Figura 3.4 – Caracterização dos consumidores dispostos a investirem entre 1000€ e 2000€ em sistemas fotovoltaicos.**



**Figura 3.5 – Caracterização dos consumidores dispostos a investirem entre 2000€ e 5000€ em sistemas fotovoltaicos.**





**Figura 3.6 – Caracterização dos consumidores dispostos a investirem acima dos 5000€ em sistemas fotovoltaicos.**

Com base na análise dos resultados apresentados nos gráficos da caracterização dos consumidores residenciais dispostos a investir em sistemas de fotovoltaicos, como esperado, existe uma relação direta entre o rendimento mensal líquido do agregado familiar e o investimento em sistemas fotovoltaicos. Como se pode verificar a partir do gráfico da Figura 3.6, 75% dos inquiridos que estão dispostos a investir mais do que 5000€ apresentam um rendimento mensal líquido superior a 2500€. Esta percentagem diminui à medida que o orçamento familiar diminui, sendo nulo o número de respostas para rendimentos inferiores a 1000€.

Além disso, tendo em consideração os dados da avaliação económica de diferentes sistemas fotovoltaicos, apresentados no Ponto 4.2, o número de opções para os consumidores que estão dispostos a investir até 1000 € é reduzido. Naturalmente, as opções aumentarão à medida que o valor que o consumidor está disposto a investir aumenta.

A mesma relação direta existe relativamente ao grau académico. A totalidade dos inquiridos que estão dispostos a investir mais de 5000 € euros possui formação universitária.

Os inquiridos mais jovens mostram maior disponibilidade para investir em sistemas de energias renováveis, como se pode verificar a partir dos 4 gráficos apresentados. Este facto não é surpreendente, já que esse grupo corresponderá a consumidores com maior conhecimento sobre

energias renováveis e com maiores preocupações ambientais. Os inquiridos com mais de 60 anos representam a maior percentagem de consumidores dispostos a investir mais de 5000 €.

Por outro lado, verificou-se que não há relação direta entre o valor da fatura mensal de energia e o valor disposto a investir. A maioria dos inquiridos indica uma fatura mensal de eletricidade inferior a 75€. Aqueles que apresentam valores superiores de faturação mensal de eletricidade (superior a 100€) correspondem à maior percentagem de inquiridos no intervalo de investimento entre 1000€ e 2000€. Para os consumidores com fatura mensal de eletricidade entre 75€ e 100€, o maior número de respostas (45%) corresponde ao intervalo de investimento entre 2000€ e 5000€. Em relação ao tipo de habitação envolvida na pesquisa, podemos observar que, com exceção do intervalo de investimento entre 1000€ e 2000€, a maioria dos entrevistados vive em condomínios, onde a instalação de um sistema fotovoltaico pode ser mais difícil, exigindo a aceitação de todos os proprietários do condomínio.

A informação apresentada neste capítulo, sobre a disponibilidade dos consumidores residenciais para adotar e investir em energias renováveis, nomeadamente na instalação de sistemas fotovoltaicos, servirão de base para a definição de diferentes cenários usados para a avaliação dos impactos da integração de energias renováveis em contexto urbano, apresentada e discutida no próximo capítulo.

## 4. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO SECTOR RESIDENCIAL – CASO DE ESTUDO

Para a avaliação dos diferentes impactos da integração de sistemas fotovoltaicos no setor residencial foi usada como caso de estudo a cidade de Coimbra, já usada para a realização do inquérito descrito e apresentado no Capítulo 3.

### 4.1. Caraterização da Cidade de Coimbra

Localizada na faixa litoral da região Centro de Portugal, Coimbra é uma cidade com uma área de 27,33 km<sup>2</sup>. O concelho de Coimbra, é constituída por 18 freguesias (ver Figura 4.1), tem cerca de 318,78 km<sup>2</sup> e insere-se na NUT II Centro e na NUT III Região de Coimbra, sendo sede de concelho com 143 396 habitantes (INE, 2011).

A denominada zona urbana do concelho de Coimbra tem 107.11 km<sup>2</sup> e 102455 habitantes (INE, 2011).



Figura 4.1 – Concelho de Coimbra por freguesias.

O número de edifícios existentes no concelho, segundo dados do Censos 2011 (INE, 2011), é de 40 638. Na Tabela 4.1 é apresentada a caracterização desses edifícios. Os dados obtidos no Instituto Nacional de Estatística (INE) foram tratados de acordo com o número de alojamentos, tipo de utilização e tipo de edifícios existentes na zona urbana da cidade, num total de 26 693 edifícios.

**Tabela 4.1 – Caracterização dos edifícios na zona urbana da cidade.**

Utilização do edifício		
Exclusivamente residencial	Principalmente residencial	Principalmente não residencial
38 079 (21 956)	2292 (1 541)	267 (196)
Tipo de edifício		
Possuir 1 ou 2 alojamentos familiares	Possuir 3 ou mais alojamentos familiares	Outro tipo
34 753 (18 133)	5 343 (5 117)	542 (443)

Em termos de energia elétrica em 2017, o número de consumidores correspondia a 88 280, correspondendo o setor doméstico e não-doméstico, respetivamente a 86.13% e 10.53% dos consumidores (DGEG, 2019).

Por outro lado, os consumos de energia elétrica verificados no concelho, através dos setores onde se verifica maior consumo, durante os anos de 2015, 2016 e 2017 são apresentados na Tabela 4.2 (DGEG, 2019).

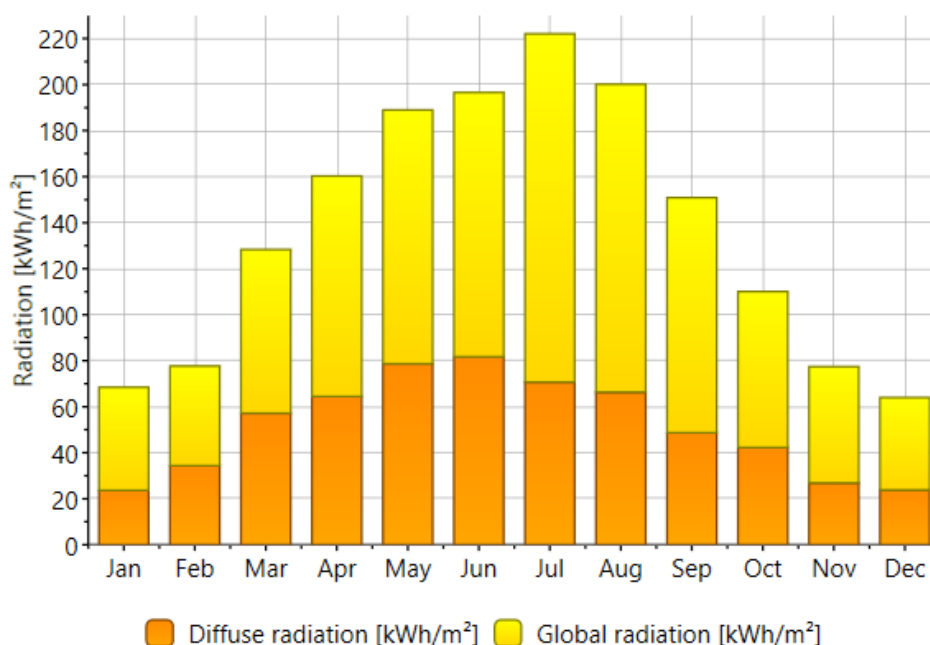
**Tabela 4.2 – Consumos de energia elétrica no município nos anos de 2015, 2016 e 2017 (MWh).**

Tipo de Consumo	2015	2016	2017
<b>Doméstico</b>	182 459.55	195 368.48	181 373.33
<b>Não doméstico</b>	188 578.65	242 749.55	198 974.56
<b>Edifícios do Estado</b>	87 526.48	20 553.79	59 540.37
<b>Indústria</b>	244 683.80	203 118.41	209 510.23
<b>Agricultura</b>	3 387.03	2 380.76	7 694.54
<b>Iluminação Vias Públicas</b>	19 485.44	19 570.27	19 366.14
<b>Tração</b>	-	1 176.60	913.58
<b>Total</b>	<b>726 120.95</b>	<b>684 917.86</b>	<b>677 372.74</b>

#### 4.1.1. Radiação Solar em Coimbra

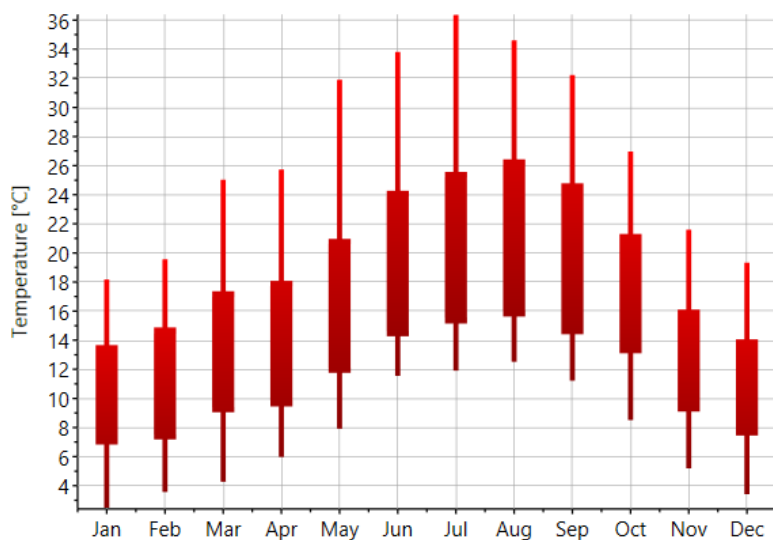
A radiação solar que incide no solo é de dois tipos: radiação difusa e radiação direta. A radiação solar direta é a que incide sem qualquer obstáculo, de forma direta no solo. Já a radiação solar difusa corresponde à radiação que sofreu refração na atmosfera causada por um obstáculo. A radiação global corresponde ao somatório da radiação direta e difusa.

Nos gráficos das figuras 4.2 e 4.3 são apresentados os dados meteorológicos recolhidos através do *software* Meteonorm 7.2 para a cidade de Coimbra. Este *software* integra uma base de dados com diversos parâmetros meteorológicos recolhidos através de 8000 estações meteorológicas e 5 satélites geostacionários e tratados por modelos matemáticos sofisticados.



**Figura 4.2 – Radiação difusa e global anual em Coimbra (KWh/m2).**

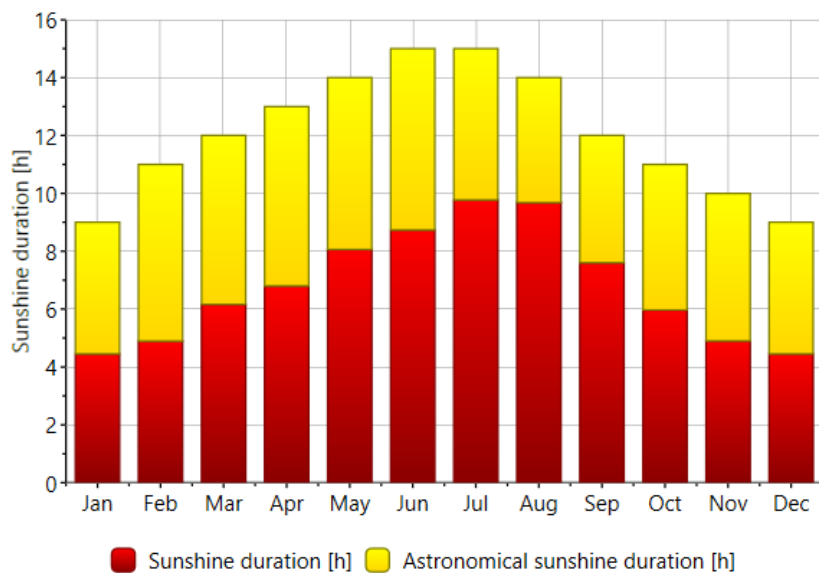
Pela análise do gráfico da Figura 4.2, verifica-se que o mês com maior incidência de radiação solar é o mês de julho e o mês de dezembro é aquele que apresenta menor radiação solar.



**Figura 4.3 – Variação da temperatura anual para Coimbra (°C).**

A variação da temperatura está alinhada com a variação da radiação solar, sendo o mês de julho aquele que apresenta os valores médios de temperatura mais elevados (36°C).

A Figura 4.4 apresenta o gráfico relativo à duração em horas de Sol para a cidade Coimbra, correspondendo aos meses de junho e julho a maior duração solar (cerca de 15h).



**Figura 4.4 – Duração do Sol Coimbra (h).**

## 4.2. Avaliação técnico-económica de sistemas fotovoltaicos residenciais

Apesar dos sistemas fotovoltaicos possuírem um enorme potencial de crescimento, este crescimento só se verifica se a utilização desta tecnologia for economicamente compensadora na ótica do utilizador.

Como tal, torna-se recomendável que antes da instalação de qualquer sistema, se realize um estudo de viabilidade económica, a fim de se aferir a rentabilidade da instalação. Torna-se ainda mais importante este estudo face à diminuição de incentivos por parte do Estado, como a tarifas de venda de eletricidade pouco apelativas, dando-se relevo ao autoconsumo.

Um estudo de viabilidade consiste numa análise técnica de cariz financeira que procure determinar as possibilidades de sucesso económico-financeiro de um determinado projeto, facilitando a tomada de decisão relativamente a esse projeto. Por sua vez, permite igualmente clarificar a escolha entre várias alternativas de investimento.

A rentabilidade de um projeto é determinada através da comparação entre os *cash-flows* de exploração e de investimento, tratando-se estes de dados previsionais envolvendo, por isso, um grande grau de incerteza. Deste modo, um projeto só é considerado rentável e aceitável quando o somatório dos *cash-flows* de exploração é superior ao valor do somatório dos *cash-flow* de investimento (Gomes, 2011) em termos de valores atualizados.

### 4.2.1. Indicadores Económicos

Para a análise económica de sistemas fotovoltaicos, podem ser usados critérios como: Valor Atual Líquido (VAL), Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), Tempo de Retorno de Investimento (*Payback*), Custo Nivelado de Energia ou custo do kWh produzido (*Levelized Cost of Energy* - LCOE).

A utilização de alguns destes critérios tem sido reportada em trabalhos anteriores relacionados com a avaliação de sistemas de energias renováveis em geral e de sistemas fotovoltaicos em particular. Em Talavera et al. (2019) foram utilizados o VAL, a TIR e o LCOE, entre outros critérios económicos, para a avaliação de sistemas fotovoltaicos fixos e com mecanismo de rastreamento. Os mesmos três critérios foram selecionados em Espinoza et al. (2019) para

realizar uma análise técnico-económica de três pequenos projetos de autoconsumo fotovoltaico localizados em diferentes cidades do Peru.

Os critérios VAL, TIR e LCOE são referidos por Vimpari and Junnila (2019), onde os autores usam um modelo de investimento orientado para o cliente para examinar a viabilidade e potencial de mercado de instalações fotovoltaicas instaladas em telhados em ambiente urbano. Para maximizar os retornos absolutos para os proprietários, é otimizado o VAL para a produção de energia. A análise económica de três sistemas fotovoltaicos, de diferentes capacidades, a instalar no setor residencial é realizada em cinco cidades chinesas de acordo com o novo regulamento Chinês e apresentado em Sandy Rodrigues et al. (2017), é baseada no cálculo do VAL e TIR juntamente com o *Discounted Payback Period* (DPBP).

O VAL foi utilizado como a métrica financeira no estudo de viabilidade económica de sistemas fotovoltaicos instalados em telhados na Suécia, apresentado em Maria Haegermark et al. (2017). O estudo realizado pretendia examinar os efeitos das condições atuais de mercado, dos programas de incentivos existentes e dos parâmetros específicos de construção. O VAL foi ainda utilizado como índice de validação em Gustavo Coria et al. (2019), onde os autores apresentam uma análise de rentabilidade de um projeto fotovoltaico ligado à rede no setor residencial argentino, considerando a remuneração do *Net Billing* e comparando com o esquema FIT adotado por outros países.

Os indicadores de avaliação do investimento tidos em consideração na avaliação dos projetos de investimento em sistemas de produção de energia descentralizada neste estudo foram: Valor Atual Líquido (VAL), Taxa Interna de Rendibilidade (TIR), Tempo de Retorno de Investimento (*Payback*), Custo Nivelado de Energia ou custo do kWh produzido (LCOE - *Levelized Cost of Energy*). Para além destes, foi utilizado um índice adicional, o Rácio entre poupança e investimento (*Saving to Investment Ratio* - SIR). Este último índice, SIR, tem sido usado por alguns autores em avaliações económicas de sistemas de energias renováveis (Taehoon Hong et al., 2014; Choongwan Koo et al., 2017, E.C. Okonkwo et al., 2017).

### **Valor Atual Líquido (VAL)**

O Valor Atual Líquido (€) tem em consideração o valor do dinheiro ao longo do tempo e é o indicador mais usado em avaliações financeiras para projetos de longo prazo. É uma das



métricas mais comuns para medir e comparar investimentos (Sandy Rodrigues et al. 2017; Vimpari and Junnila, 2019). O VAL de um projeto fotovoltaico é a diferença entre as entradas e as saídas monetárias, designados de fluxos monetários (*cash-flow*), atualizados durante a vida útil do projeto (Talavera et al., 2019; Espinoza et al. 2019; Vimpari and Junnila, 2019) e pode ser calculado pela expressão:

$$VAL = -C_0 + \sum_{j=1}^n \frac{C_f}{(1+d)^j} \quad (4)$$

Onde:

Cf - *cash-flow* no período j;

C<sub>0</sub> – custo do investimento do sistema fotovoltaico;

d - é a taxa de atualização do capital para o mesmo período;

n - a vida útil do sistema fotovoltaico considerado.

O critério de avaliação do VAL depende do sinal do seu resultado. Para este indicador, há três situações possíveis que determinam a viabilidade do projeto (Talavera et al., 2019; Vimpari and Junnila, 2019):

- VAL<0 – indicação clara da inviabilidade económica do projeto. Deve considerar-se que quanto maior for a taxa de atualização considerada no cálculo do VAL, menor será o VAL, uma vez que se exige uma maior rentabilidade ao projeto de investimento;
- VA=0 – significa a completa recuperação do investimento inicial. O projeto poderá ser sujeito a uma análise de sensibilidade para a tomada de decisão, dado que há um elevado grau de incerteza, existindo uma forte probabilidade de o projeto não ser viável;
- VAL>0 – significa que o projeto é economicamente viável, dado que os resultados obtidos permitem cobrir o investimento inicial e ainda gerar um excedente financeiro. Quanto maior o valor do VAL, mais atrativo será o projeto.

### **Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)**

A Taxa Interna de Rentabilidade (%) corresponde à taxa de atualização que anula o VAL, ou seja, “é a taxa mais alta a que um investidor pode contrair empréstimo para financiar investimento sem perder dinheiro” (Rosário, 2014) e pode ser calculada a partir da equação:

$$TIR = -C_0 + \sum_{j=1}^n \frac{C_f}{(1 + d^*)^j} = 0 \quad (5)$$

$d^*$  - taxa que aplicada na expressão anula o VAL.

A avaliação da TIR situa imediatamente o interesse do empreendimento na escala de avaliação do mercado financeiro, o que não acontece com o VAL.

A obtenção de uma TIR superior à taxa de atualização considerada no cálculo do VAL significa que o projeto consegue gerar uma taxa de retorno superior ao custo de oportunidade do capital, pelo que estamos em princípio na presença de um projeto economicamente viável (Talavera et al., 2019; Espinoza et al. 2019). Uma TIR inferior à taxa de atualização significa que a rentabilidade mínima não é atingida indicando que o projeto deve ser descartado.

### **Tempo de Retorno Bruto (Payback)**

O Tempo de Retorno, *Payback*, de um projeto é o tempo necessário para recuperar o custo do investimento considerado (Orioli & Gangi, 2019) O Tempo de Retorno Bruto é calculado através da seguinte fórmula:

$$T_{rb} = \frac{I_t}{R_1 - d_1} \quad (6)$$

Sendo:

$I_t$  – Investimento inicial bruto;

$R_t$  – receita bruta anual, suposto constante;

$d_1$  – despesas anuais de exploração (exclui despesas com financiamento), supostas constantes.

### **Custo Nivelado de Energia (LCOE)**

Para o apuramento do Custo de Energia Produzida, num sistema fotovoltaico, os custos de investimento são considerados os mais relevantes, uma vez são estes que determinam o custo da energia produzida, dado que os custos correntes (seguro civil, manutenção, entre outros) são de reduzido significado. De salientar que o retorno de capital investido tem uma importante influência no cálculo dos custos de produção de energia.

O cálculo do LCOE (€/MWh) é obtido pelo rácio entre custo do investimento inicial, acrescido dos custos gerais, denominados Custos de Operação e Manutenção (CO&M), e a energia total produzida durante a vida útil do sistema de produção (Espinoza et al. 2019; D. L.Talavera et al., 2019).

O LCOE pode ser estimado a partir da equação (A. Allouhi et al.,2019):

$$LCOE = \frac{C_{inv} + \sum_{t=0}^N CO\&M}{N \times E_a} \quad (7)$$

Sendo:

$C_{inv}$  = Custo do Investimento Inicial;

CO&M – Custo de Operação e Manutenção;

N – Vida útil do sistema (geralmente assumida uma vida útil para os sistemas fotovoltaicos entre os 20 e os 30 anos);

$E_a$  – Energia Total produzida (MWh).

No presente estudo, para o cálculo de LCOE não foram considerados juros nem valorização do capital investido.

### **Saving to Invest Ratio (SIR)**

O rácio entre poupança e investimento (SIR) corresponde a uma medida de desempenho económico que relaciona a poupança atualizada atribuída à alternativa de cada solução com os custos adicionados de investimento associados a essa alternativa. Neste caso, o SIR avalia o

desempenho relativo referente a cada solução de sistema fotovoltaico, através da seguinte expressão (Cardoso, 2017)

$$SIR = \frac{\left( \sum_{j=1}^n \frac{C_f}{(1+d)^j} \right)}{C_0} \quad (8)$$

Quando o SIR é superior a 1, considera-se que uma alternativa de solução é economicamente viável, dado que as poupanças, nesse caso, são superiores aos custos de investimento.

### 4.3. Análise económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos residenciais

O dimensionamento de sistemas fotovoltaicos deve ser adaptado às necessidades energéticas de cada habitação, nomeadamente deverá ser considerado o perfil de consumo e os hábitos de consumo, uma vez que estes influenciam a otimização do sistema a implementar.

É através de uma tomada de consciência sobre a forma como é consumida a energia elétrica nas habitações, que se torna possível tomar medidas necessárias para poupar energia.

Sendo o sector residencial a base deste estudo, é importante verificar e analisar todas as cargas existentes na habitação e toda a tecnologia elétrica associada às cargas.

A título de exemplo, uma máquina de lavar roupa consome maioritariamente a sua energia elétrica no aquecimento da água para pré-lavagem, lavagem da roupa e rotação do tambor, correspondendo a um pico de consumo energético quando é ligada a resistência elétrica desta. Este pico de consumo pode ser nivelado e minimizado através de sistemas de aquecimento de águas sanitárias, fornecendo a água quente para a máquina de lavar, devendo ser ajustada a temperatura ao programa da máquina selecionado.

Outro fator a ter em atenção é a tarifa horária do cliente que pode condicionar o uso de determinado equipamento interferindo com o período horário.

Assim sendo, há diversos fatores que condicionam o estudo da viabilidade de um sistema tanto a nível da tecnologia, de comportamentos de consumo e tarifa associada.

Como suporte às questões referentes à disposição dos consumidores residenciais em investir em sistemas fotovoltaicos, como por exemplo, quando se define os limites para os custos totais

---

de investimentos, realizou-se uma análise económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos que são mais passíveis de serem instalados. Para esta análise, foi tido em consideração a radiação solar do local de estudo, as tecnologias de mercado existentes e a legislação portuguesa referente à promoção de sistemas de energias renováveis a nível residencial (Decreto-Lei n.º 153/2014; Portaria n.º 15/2015; Portaria n.º 60-E/2015).

Para cada tipo de sistema, UPAC e UPP, e tendo em consideração a legislação em vigor, foram dimensionados sistemas fotovoltaicos para as potências mais frequentes no período analisado (5kW, 3kW, 1.5kW e 500W).

Estas simulações foram realizadas com recurso a um *software* de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos denominado PVSYST®, obtendo-se para cada sistema fotovoltaico a produção anual estimada (kWh).

### **Viabilidade Económica das UPP**

As Unidades de Pequena Produção são equiparadas às unidades de Microgeração e Minigeração, dado que toda a energia é injetada na rede elétrica.

No ano de 2018, o preço de referência para a energia vendida foi de 95€/MWh (Portaria n.º32/2018, 2018) (Decreto-Lei n.º 68-A/2015, 2015).

A Tabela 4.3 apresenta o estudo de viabilidade económica para UPPs de 500W, 1500W, 3000W e 5000W.

Para os custos de investimento das UPP foram considerados painéis policristalinos de 250W, inversor, estrutura para telhado inclinado, instalação e transporte e as respetivas taxas de registo. Os valores apresentados do preço dos sistemas fotovoltaicos foram obtidos através da consulta de vários fornecedores da área, preservando-se a confidencialidade destes.

Considerou-se um tempo de vida útil do sistema de 25 anos.

Para o cálculo do *Payback* não foi contabilizado seguro de responsabilidade civil nem a substituição de equipamentos. De salientar que a energia total produzida por este tipo de sistemas é vendida à rede elétrica, pelo que para cálculo do *payback*, se considerou como tarifa de referência 0.095€/kWh.

**Tabela 4.3 – Viabilidade Económica para sistemas UPP.**

Unidades de Pequena Produção				
Potência UPP	500W	1500W	3000W	5000W
Investimento inicial (€)	725,00	1923,00	5247,00	9517,00
Energia anual produzida estimada (kWh)	825,00	2475,00	4952,00	8251,00
VAL	-102,98	1161,99	1535,42	2189,86
SIR	0,86	1,6	1,29	1,23
TIR	1,55%	8,12%	5,59%	5,06%
Payback (anos)	19,93	10,13	12,84	13,56
LCOE (€/MWh)	69,09	42,39	48,04	49,53
Custo de Manutenção anual (€)	35,00	35,00	35,00	35,00
Taxa de atualização	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Tarifa de referência (€/kWh)	0,095	0,095	0,095	0,095

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4.3, pode constatar-se que o investimento em sistemas de 500W em UPP é bastante atrativo no ponto de vista do investidor. Contudo, o VAL é negativo o que significa que se trata de um projeto não economicamente viável. Todos os outros sistemas avaliados apresentam indicadores positivos de viabilidade económica.

### **Viabilidade Económica das UPAC**

Para os sistemas UPAC, efetuou-se a mesma análise de viabilidade realizada para os sistemas UPP, para as potências de referência.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados da análise económica de diferentes sistemas de autoconsumo, UPAC.

Para os custos de investimento dos sistemas foram considerados painéis policristalinos de 250W, inversor, baterias, estrutura para telhado inclinado, instalação e transporte e as respetivas

taxas de registo. Os valores apresentados do preço dos sistemas fotovoltaicos foram obtidos através da consulta de vários fornecedores da área, preservando-se a confidencialidade destes.

Por outro lado, para o presente estudo considerou-se que, por serem sistemas de produção de energia que armazenam o excedente não consumido pela habitação em baterias, para colmatar necessidades energéticas em períodos em que não haja produção, toda a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos é consumida e não vendida à rede elétrica.

Considerou-se o tempo de vida útil do sistema de 25 anos.

Para o cálculo do *Payback* usou-se como tarifa de referência o preço da eletricidade de tarifa simples, de 0.1646€/kWh e não foram contabilizados o seguro de responsabilidade civil nem a substituição de equipamentos, como por exemplo baterias.

**Tabela 4.4 – Viabilidade Económica para sistemas UPAC.**

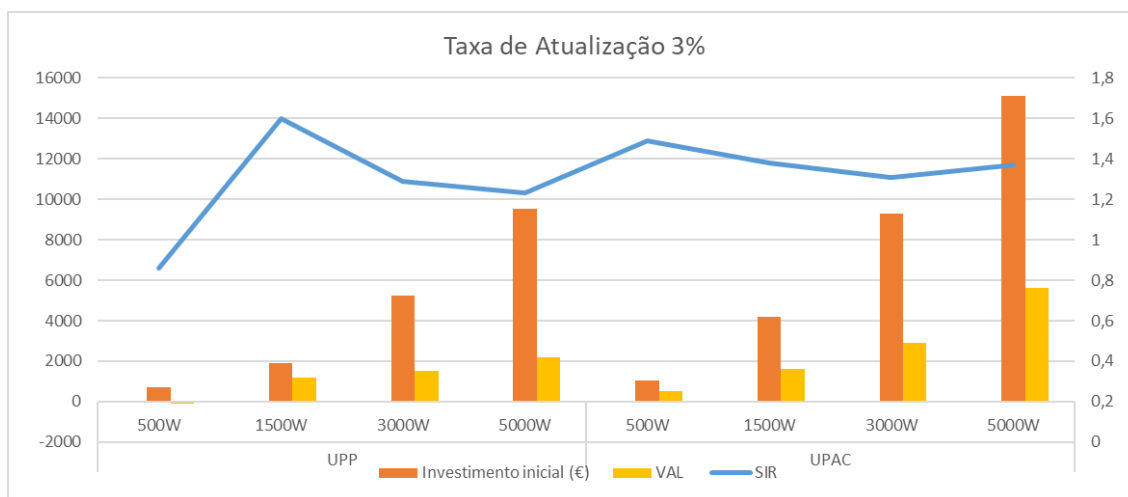
Unidades de Produção de Autoconsumo				
Potência	500W	1500W	3000W	5000W
Investimento (€)	1025,00	4189,00	9294,00	15111,00
Energia anual produzida estimada (kWh))	825,00	2475,00	4952,00	8251,00
VAL	499,25	1602,66	2903,95	5619,19
SIR	1,49	1,38	1,31	1,37
TIR	7,25%	6,34	5,75	6,24
Payback (anos)	10,87	11,94	12,66	12,08
LCOE (€/MWh)	83,64	79,01	80,73	76,65
Custo de Manutenção anual (€)	35,00	35,00	35,00	35,00
Taxa de atualização	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%

De salientar que não foi realizado um estudo de viabilidade económica para as UPAC que vendam os excedentes à rede elétrica nacional, pois para esses casos é necessário avaliar a energia consumida pela habitação e a que é vendida, ou não, à rede pública.

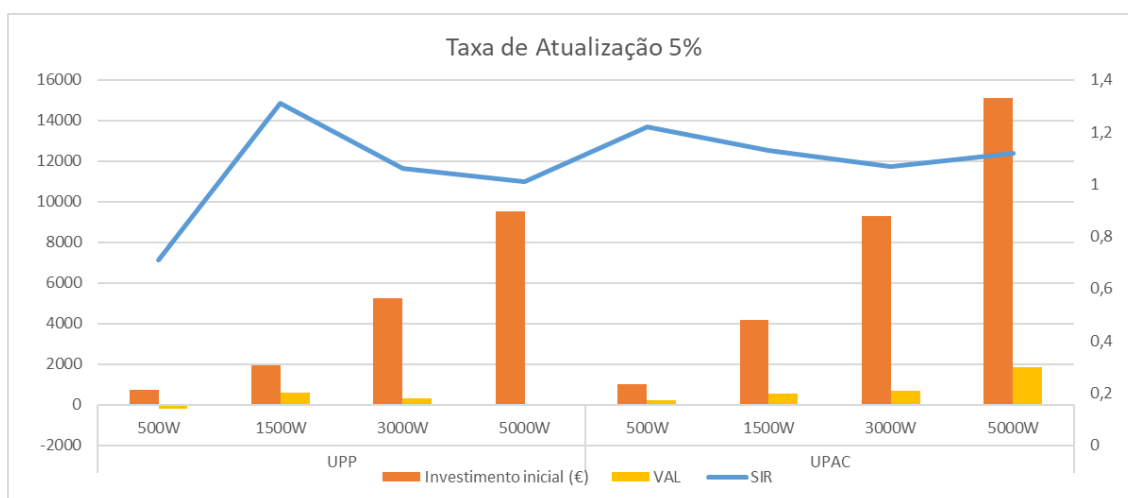
### **Análise dos sistemas fotovoltaicos para diferentes taxas de atualização**

Os resultados da análise económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos residenciais apresentados nas Tabelas 4.3 e 4.4, e usados na avaliação dos impactos dos três cenários de integração considerados, foram obtidos considerando uma taxa de atualização de 3%.

Os vários sistemas fotovoltaicos foram ainda avaliados considerando um custo de oportunidade do capital mais elevado (taxas de atualização de 5% e 7%). Os valores calculados para o VAL e SIR para os diferentes sistemas, para diferentes taxas de atualização, encontram-se representados graficamente nas Figuras 4.5 a 4.7.

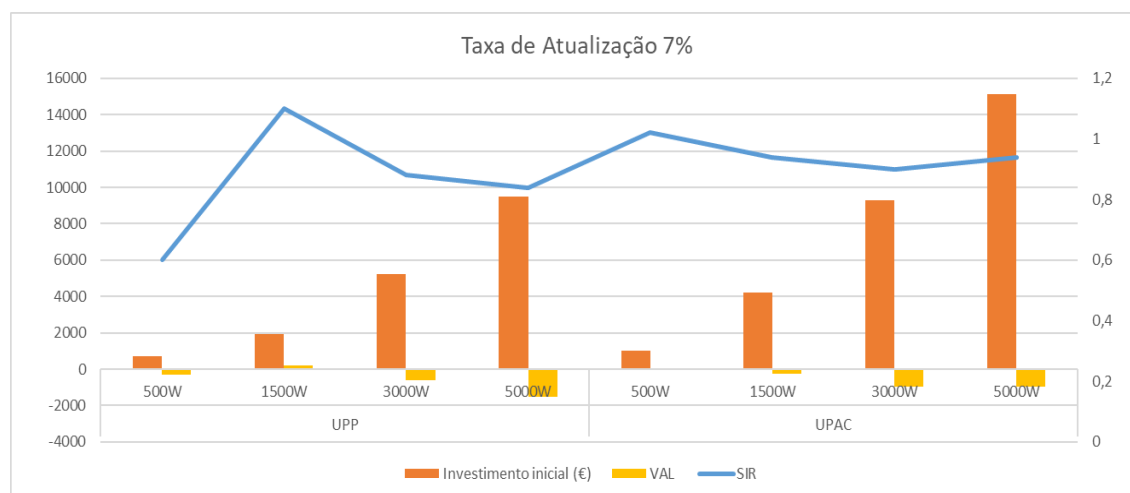


**Figura 4.5 – VAL e SIR para uma taxa de atualização de 3%.**



**Figura 4.6 – VAL e SIR para uma taxa de atualização de 5%.**





**Figura 4.7 – VAL e SIR para uma taxa de atualização de 7%.**

Para uma taxa de atualização de 3%, e como referido anteriormente, apenas o sistema UPP de 500W se apresenta como um projeto não economicamente viável, com um VAL negativo e um SIR inferior a 1. Todos os outros sistemas considerados apresentam um VAL positivo e um SIR superior a 1.

Os valores mais elevados para o VAL são obtidos para os sistemas de maior potência, a que correspondem valores mais elevados de investimento – UPP 5000W, UPAC 3000W e UPAC 5000W. No entanto, no caso do SIR não se verifica esta relação, atingindo os valores mais elevados para os sistemas de menor potência que apresentam VAL positivo – UPP 1500W e UPAC 500W.

Todos os sistemas analisados são sensíveis à variação da taxa de atualização, mantendo-se a viabilidade económica quando considerado um custo de oportunidade do capital de 5%, apesar da redução significativa nos respetivos valores do VAL e da redução dos valores do SIR.

Esta situação é significativamente alterada quando se considera um custo de oportunidade do capital de 7%. Nesta situação apenas dois dos sistemas apresentam valores positivos do VAL e valores do SIR superiores a 1 - UPP 1500W e UPAC 500W.

Os restantes sistemas, com SIR inferior a 1, apresentam um VAL negativo e, consequentemente, tempos de retorno de investimento inviáveis tornando-se, nesta perspetiva, investimentos pouco apelativos.

#### 4.4. Avaliação dos impactos da integração de sistemas fotovoltaicos residenciais

Para a avaliação dos impactos da instalação de sistemas fotovoltaicos no sector residencial no caso de estudo considerado, foram definidos três cenários, de acordo com a taxa de integração desses sistemas, nomeadamente, o Cenário Pessimista (correspondendo a uma menor taxa de integração de sistemas fotovoltaicos), o Cenário Realista e o Cenário Otimista (correspondendo a uma maior taxa de integração de sistemas fotovoltaicos).

A definição dos cenários teve em consideração: a percentagem de consumidores residenciais que manifestaram interesse em investir em sistemas fotovoltaicos; os montantes que os consumidores estão disponíveis a investir e o tipo de habitação onde será instalado o sistema fotovoltaico, obtidos a partir dos dados recolhidos com o questionário realizado e apresentados no Ponto 3.3; a análise económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos apresentada em 4.2.2; o número de habitações residenciais por tipologia considerada, de acordo com o último estudo Censos 2011, apresentado em 4.1.

Para cada um dos cenários, apenas foram considerados os sistemas fotovoltaicos (UPP e UPAC) economicamente viáveis, isto é, com o VAL superior a zero. Adicionalmente, pressupôs-se que a integração das UPAC será preferível às UPP, tendo em consideração a sensibilização para a instalação destas unidades e pelo facto de o preço de compra da eletricidade ser mais elevado que o preço de venda da eletricidade. O horizonte temporal para os cenários de integração considerados foi de cinco anos.

A avaliação dos impactos ambientais para cada cenário considerado foi baseada no potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> através da implementação de sistemas fotovoltaicos. As emissões de CO<sub>2</sub> evitadas pelos sistemas fotovoltaicos foram determinadas partindo do princípio de que cada kWh de eletricidade produzida a partir de fontes renováveis de energia substitui cada kWh de eletricidade gerada pelos sistemas de energia convencionais (A. Allouhi et al., 2019). Assim, a redução de emissões de CO<sub>2</sub> para cada cenário pode ser calculada multiplicando a produção anual de eletricidade pelo fator de emissão de carbono (quando considerado que a mesma quantidade de energia foi produzida por opções convencionais). No presente estudo, o fator de emissão de CO<sub>2</sub> considerado foi de 369 kg de CO<sub>2</sub> / MWh.

#### 4.4.1. Cenário Pessimista

Como o próprio nome indica, o cenário pessimista corresponde à situação em que as taxas de integração dos diferentes sistemas fotovoltaicos são mais baixas. Para este cenário pessimista considerou-se uma taxa de adesão de 0% para sistemas UPP de 5000W, sistemas UPAC 3000W e sistemas UPAC 5000W, atendendo ao custo de investimento inicial. Para os sistemas UPP 1500W e UPP 3000W foi considerada uma taxa de adesão de 1%. Finalmente, para os sistemas UPAC 1500W e UPAC 500W foram assumidas taxas de adesão de 1,5% e de 3%, respetivamente.

Definido o cenário de integração dos diferentes sistemas fotovoltaicos considerados, foi possível obter os correspondentes impactos globais, que são apresentados na Tabela 4.5. Assim, para um cenário com uma taxa modesta de integração de sistemas fotovoltaicos no setor residencial, avalia-se em pouco mais de 181 mil € o investimento inicial num conjunto de sistemas que permitirão uma produção local anual de eletricidade de aproximadamente 144 MWh e que contribuirão para uma redução anual de emissões de CO<sub>2</sub> que ultrapassa as 53 toneladas.

**Tabela 4.5 – Impactos obtidos para o Cenário Pessimista.**

Tipo UP	Potência	Investimento Inicial (€)	Produção anual (kWh)	Redução de emissões CO <sub>2</sub> (kg) <sup>2</sup>
UPP	1500W	28 103.72	36170.94	13347.08
	3000W	21 741.71	20519.33	7571.63
	5000W	-	0.00	0.00
UPAC	500W	44 939.65	36170.94	13347.08
	1500W	86 778.28	51271.48	18919.18
	3000W	-	0.00	0.00
	5000W	-	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>181 563.35</b>	<b>144 132.68</b>	<b>53 184.96</b>

<sup>2</sup> Considerando um índice de emissões de 369 kg de CO<sub>2</sub>/MWh.

#### 4.4.2. Cenário Realista

Para um cenário, considerado mais realista, apenas se considerou uma taxa de adesão de 0% para sistemas UPAC 5000W. Para os outros sistemas fotovoltaicos a taxa de adesão varia entre 1% para UPAC 300W e UPP 5000W e 5% para UPAC 500W. Para os restantes sistemas, UPP 3000W, UPAC 1500W e UPP 1500W, as taxas de adesão consideradas foram de, respetivamente, 2%, 3% e 3.5%.

Os impactos globais obtidos com o Cenário Realista para a integração de sistemas fotovoltaicos no setor residencial estão apresentados na Tabela 4.6. Como expectável, dado o aumento do número de sistemas fotovoltaicos considerados para serem integrados no setor residencial, os impactos globais são mais significativos. Quer o investimento inicial, quer a produção anual de eletricidade, bem como as emissões de CO<sub>2</sub>, ultrapassam duas vezes e meia os valores correspondentes, obtidos no Cenário Pessimista.

**Tabela 4.6 – Impactos obtidos para o Cenário Realista.**

Tipo UP	Potência	Investimento Inicial (€)	Produção anual (kWh)	Redução de emissões CO <sub>2</sub> (kg) <sup>2</sup>
UPP	1500W	98 363.03	126598.28	46714.76
	3000W	43 483.41	41038.66	15143.27
	5000W	39 435.07	34189.21	12615.82
UPAC	500W	74 899.41	60284.89	22245.13
	1500W	173 556.55	102542.96	37838.35
	3000W	38 511.04	20519.33	7571.63
	5000W	-	0.00	0.00
TOTAL		468 248.51	385 173.34	142 128.96

#### 4.4.3. Cenário Otimista

Para o terceiro cenário de integração de sistemas fotovoltaicos no setor residencial, as taxas de adesão das diferentes unidades de produção são mais generosas, pelo que são esperados impactos globais mais animadores e daí a designação de Cenário Otimista.

Neste cenário considerou-se que todos os tipos de unidades de produção analisadas serão considerados, sendo as taxas de adesão as seguintes:

- Taxa de adesão de 1% - UPAC 5000W e UPP 5000W;
- Taxa de adesão de 1.5% - UPAC 3000W;
- Taxa de adesão de 2% - UPP 3000W;
- Taxa de adesão de 3,5% - UPAC 1500W;
- Taxa de adesão de 4% - UPP 1500W;
- Taxa de adesão de 6% - UPAC 500W.

À semelhança do que foi efetuado para os cenários de integração anteriores, com base nas taxas de adesão consideradas para as diferentes unidades de produção, definidas tendo por base os dados dos inquéritos e todos os outros parâmetros referidos anteriormente, obtiveram-se os impactos globais para o Cenário Otimista e que constam da Tabela 4.7.

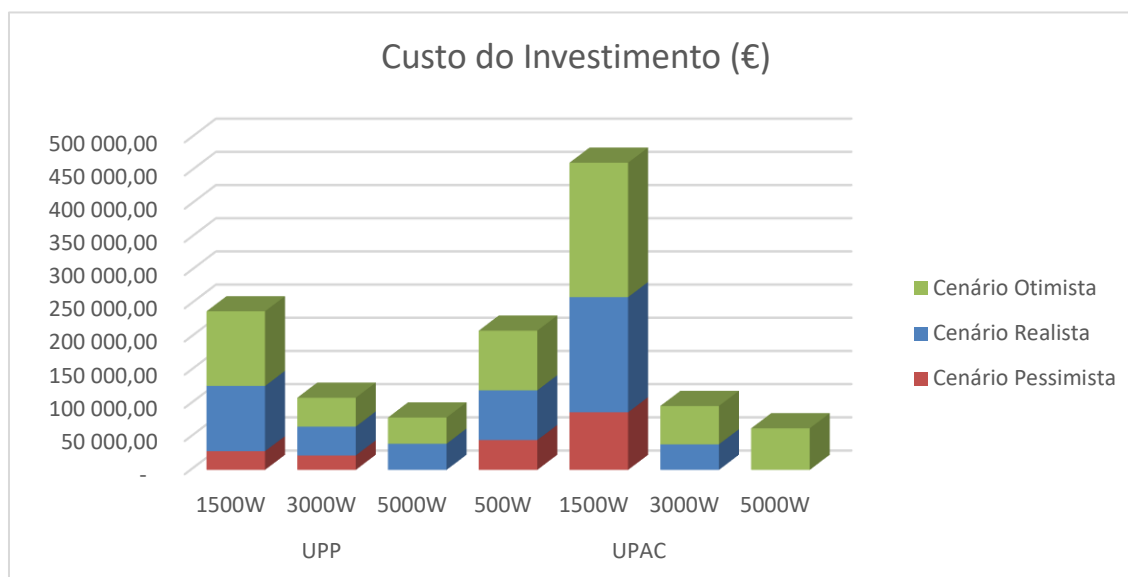
Como esperado, os impactos assumem os valores mais elevados dos três cenários analisados. Se por um lado a produção anual local de eletricidade quase atinge o meio milhão de MWh e as emissões de CO<sub>2</sub> ultrapassam, anualmente, as 175 toneladas, o investimento inicial necessário para obter estes valores ultrapassa os 600 mil €.

**Tabela 4.7 – Impactos obtidos para o Cenário Otimista.**

Tipo UP	Potência	Investimento Inicial (€)	Produção anual (kWh)	Redução de emissões CO <sub>2</sub> (kg) <sup>2</sup>
UPP	1500W	112 414.89	144683.75	53388.30
	3000W	43 483.41	41038.66	15143.27
	5000W	39 435.07	34189.21	12615.82
UPAC	500W	89 879.30	72341.87	26694.15
	1500W	202 482.65	119633.46	44144.75
	3000W	57 766.55	30779.00	11357.45
	5000W	62 614.62	34189.21	12615.82
<b>TOTAL</b>		<b>608 076.49</b>	<b>476 85.16</b>	<b>175 959.55</b>

#### 4.4.4. Impactos Globais

Os impactos globais da integração de sistemas fotovoltaicos residenciais, impactos económicos (custo do investimento), impactos energéticos (produção de energia) e impactos ambientais (redução de emissões de CO<sub>2</sub>) obtidos para cada cenário de integração considerado, de acordo com as diferentes taxas de integração para os vários sistemas fotovoltaicos, podem ser visualizados, respetivamente, nas Figuras 4.8, 4.9 e 4.10.

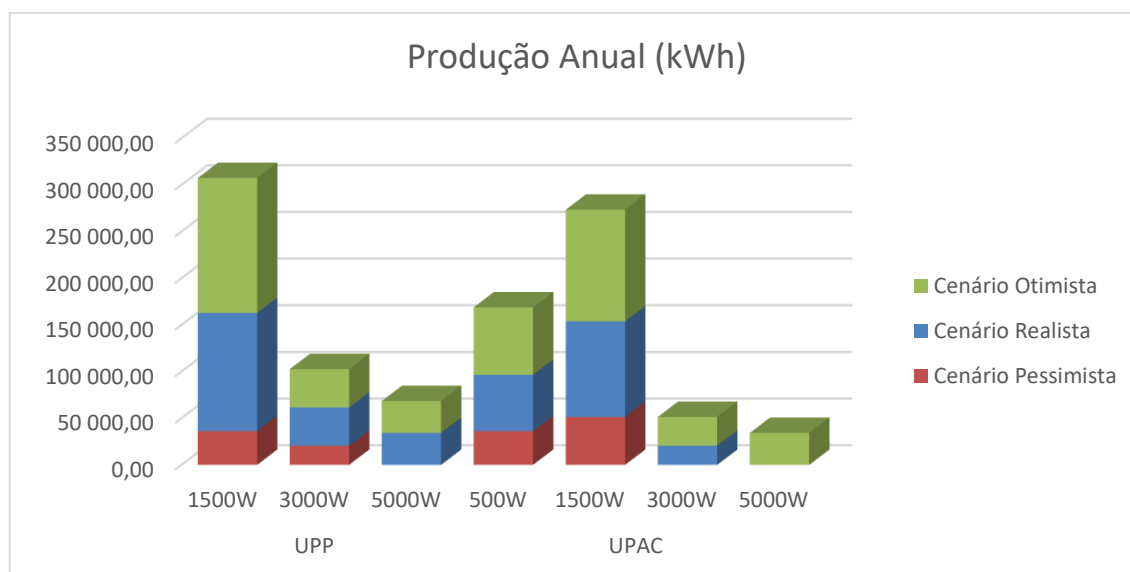


**Figura 4.8 – Impactos económicos globais.**

Como se pode observar a partir do gráfico da Figura 4.8, para qualquer dos três cenários considerados, o maior investimento é feito nos sistemas UPAC 1500W, UPP 1500W e UPAC 500W. Estes dois últimos sistemas são aqueles que, mesmo para a taxa de atualização de 7%, mantêm valores de VAL positivos e valores de SIR superiores a 1.

No lado oposto, o menor investimento corresponde aos sistemas com maior potência instalada - 5000W, tanto UPP como UPAC, sendo que estes últimos sistemas não foram considerados para integração no pior dos cenários, dado o investimento inicial exigido.

Os impactos energéticos são avaliados com base nos níveis de produção de eletricidade de cada sistema considerado.

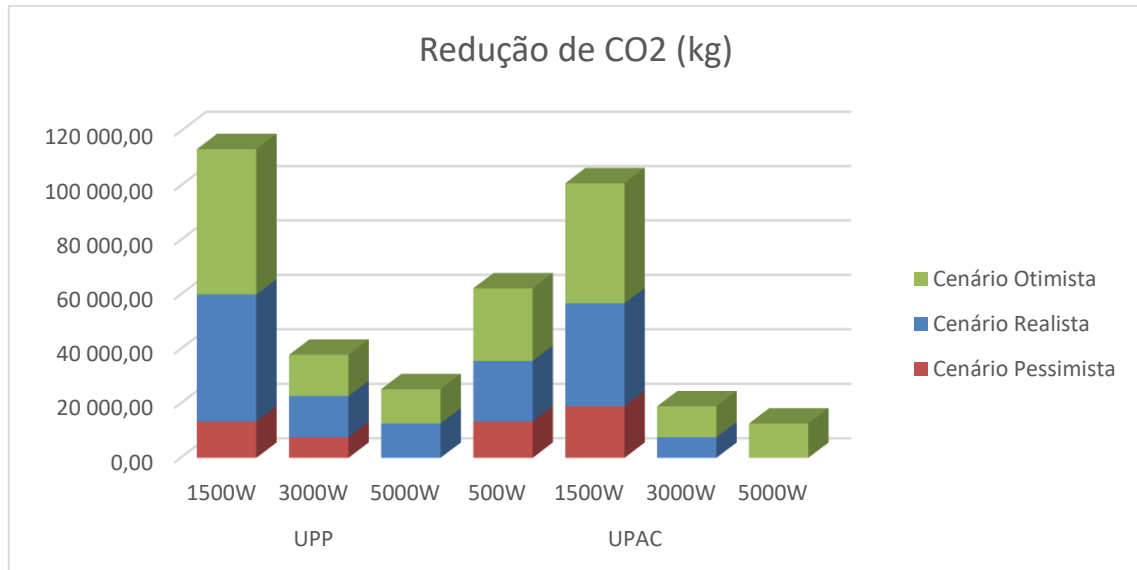


**Figura 4.9 – Impactos energéticos globais.**

Como expectável, e como apresentado na Figura 4.9, os sistemas UPAC 1500W, UPP 1500W e UPAC 500W são aqueles que apresentam maior contribuição para a produção de eletricidade nos três cenários, uma vez que correspondem aos sistemas com maior taxa de integração. É também nestes sistemas que há um maior investimento inicial (ver Figura 4.8). O sistema UPAC 5000W tem a contribuição mais modesta na produção de eletricidade.

Relembra-se que, dado o valor do investimento inicial, a integração deste sistema apenas foi considerada no cenário otimista.

De acordo com a metodologia usada para a avaliação dos impactos ambientais para cada cenário considerado e descrito anteriormente, os impactos ambientais globais seguem um perfil semelhante ao da produção de eletricidade. Assim, os sistemas de 1500W, UPP e UPAC são os que mais contribuem para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>. A UPP de 1500W é a que apresenta maior redução de CO<sub>2</sub>, cerca de 113450,06 kg, seguindo-se a UPAC de 1500W com cerca de 100902,28 kg.



**Figura 4.10 – Impactos ambientais globais.**



## 5. CONCLUSÕES

O principal objetivo deste Trabalho de Projeto foi a avaliação dos diferentes impactos (técnicos, económicos e ambientais) da integração de sistemas fotovoltaicos no sector residencial. De modo a proceder a esta avaliação com base em dados reais, escolheu-se a cidade de Coimbra para caso de estudo.

Inicialmente, foi feito o levantamento das políticas, programas e ações Nacionais e Europeias desenvolvidas no âmbito das Energias Renováveis em ambiente urbano. Nesta fase, procedeu-se ainda à análise das metas previstas e do seu grau de concretização. Para o efeito, com base nos dados disponíveis na plataforma SERUP relativos ao registo das unidades de produção para autoconsumo entre março de 2015 e julho de 2017, foi efetuada uma simples análise estatística de modo a obter alguns indicadores relativos à potência total instalada e valores máximos e mínimos por cada ano considerado. Dos resultados obtidos, apresentados no final do Capítulo 2, verifica-se que os valores de potência total instalada sofrem um aumento em 2016 face aos valores de 2015, verificando-se a tendência contrária de 2016 para 2017. Relativamente aos valores de potência instalada rejeitada, os valores máximo e mínimo verificam-se nos anos de 2015 e 2016, respetivamente.

Tendo como objetivo avaliar as perceções, a disposição e também a disponibilidade dos consumidores residenciais em investirem na instalação de sistemas fotovoltaicos nas suas habitações, foi realizado um inquérito on-line dirigido aos consumidores residenciais na cidade de Coimbra, suportado num questionário de simples interpretação e de rápido preenchimento, de modo a aumentar a taxa de sucesso. O questionário assenta em três grupos de questões, todas de escolha múltipla, relacionadas com a caracterização socioeconómica do inquirido, com as características da habitação, com a existência de sistemas de energias renováveis na habitação e com a disponibilidade para investir em sistemas fotovoltaicos.

A análise dos dados obtidos através dos 88 inquéritos validados permitiu concluir que a vontade de investir em sistemas de energia renovável no setor residencial depende da idade e do conhecimento do consumidor sobre FER e, eventualmente, sobre a legislação existente sobre FER. Por outro lado, em relação ao valor que os consumidores que estão dispostos a investir em RES residencial, há uma forte relação com o rendimento mensal líquido do agregado

familiar. Este facto justifica algumas recomendações em consonância com [10]: um quadro jurídico a nível da UE centrado no estabelecimento de uma carteira de incentivos cuidadosamente concebidos, adaptados às diferentes situações e medidas destinadas a apoiar o desenvolvimento e a aceitação de novas tecnologias com um objetivo ambiental.

Como suporte a um grupo de questões contempladas no questionário referido, concretamente na definição dos intervalos de investimento considerados, foi realizada uma avaliação técnico-económica de diferentes unidades de produção fotovoltaica (UPP e UPAC), consideradas com potencial de integração no setor residencial. A produção anual estimada para cada sistema fotovoltaico considerado foi obtida com recurso ao PVSYST<sup>®</sup>, um programa de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, tendo em consideração a radiação solar em Coimbra.

Para a análise económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos, foram utilizados diferentes indicadores de avaliação do investimento tidos em consideração na avaliação dos projetos de investimento em sistemas de produção de energia descentralizada: Valor Atual Líquido (VAL), Taxa Interna de Rendibilidade (TIR), Tempo de Retorno de Investimento (*Payback*), Custo Nivelado de Energia ou custo do kWh produzido (LCOE - *Levelized Cost of Energy*) e *Saving to Invest Ratio* (SIR).

A avaliação dos impactos da integração de sistemas fotovoltaicos no sector residencial no caso de estudo considerado, assentou em três cenários diferentes de integração que designámos de Cenário Pessimista, Cenário Realista e Cenário Otimista, de acordo com os valores de taxas de integração dos diferentes sistemas fotovoltaicos considerados. A definição destes cenários teve por base a informação, obtida através do inquérito realizado, sobre o perfil socioeconómico dos consumidores e a sua disponibilidade para adotar e investir em energias renováveis, nomeadamente na instalação de sistemas fotovoltaicos, e o tipo de habitação onde será instalado o sistema. Foi ainda considerado o número de habitações residenciais por tipologia considerada, de acordo com o último estudo Censos 2011 e a análise económica dos diferentes sistemas fotovoltaicos. Adicionalmente, considerou-se um horizonte temporal de cinco anos para os cenários de integração considerados e apenas foram considerados os sistemas fotovoltaicos (UPP e UPAC) economicamente viáveis.

Cada um dos cenários foi avaliado considerando os impactos económicos (custo do investimento global), energéticos (potência instalada e produção anual de eletricidade) e ambientais (avaliados com base nas emissões de CO<sub>2</sub> evitadas).

Como seria de esperar, quanto mais elevadas forem as taxas de adoção dos diferentes sistemas UPP e UPAC, mais significativos serão os correspondentes impactos.

Na Tabela 5.1 apresenta-se o resumo dos impactos obtidos para cada um dos cenários avaliados: o Cenário Pessimista, onde se consideraram taxas muito modestas para a integração dos diferentes sistemas; o Cenário Realista, onde se procuraram taxas de integração ditas intermédias e o Cenário Otimista, onde as taxas de integração consideradas são mais elevadas. Acresce que, para qualquer dos cenários, se pressupôs que a integração das UPAC será preferível às UPP, tendo por base a sensibilização para a instalação destas unidades e pelo facto de o preço de compra da eletricidade ser mais elevado que o preço de venda da eletricidade.

**Tabela 5.1 – Resumo dos impactos obtidos para os diferentes cenários.**

	Investimento Inicial (€)	Produção anual (kWh)	Redução de emissões CO <sub>2</sub> (kg)
<b>Cenário Pessimista</b>	181 563.35	144 132.68	53 184.96
<b>Cenário Realista</b>	468 248.51	385 173.34	142 128.96
<b>Cenário Otimista</b>	608 076.49	476 85.16	175 959.55

A classificação dos cenários e respetivas taxas de implementação foram definidas considerando o questionário realizado e os seus resultados em termos da disposição do consumidor em investir em sistemas fotovoltaicos. No entanto, mesmo para o cenário que foi classificado como agressivo, ou otimista, a eletricidade que seria produzida através de sistemas fotovoltaicos residenciais representaria apenas uma fração muito pequena do consumo total de energia residencial para a cidade de Coimbra (DGEG, 2019). Isso significa que, supondo que este estudo possa ter resultados semelhantes na maioria das cidades com características e população

semelhantes, seria necessário um conjunto muito mais ambicioso de incentivos, antes que se possa esperar uma contribuição substancialmente maior da produção fotovoltaica residencial.

Embora as metodologias apresentadas quer para a realização do inquérito ao setor residencial quer para a avaliação dos impactos da integração de sistemas fotovoltaicos tenham sido desenvolvidas num contexto nacional, usando uma cidade portuguesa de tamanho médio como caso de estudo, e considerando a legislação nacional e internacional aplicável e programas de apoio, elas poderão ser aplicadas a outros municípios nacionais, ou noutros países, levando em conta as especificidades do município – tipificação residencial e localização geográfica, do respetivo sistema energético urbano e do enquadramento legal.

No entanto, qualquer uma das metodologias usadas poderá vir a ser revista e melhorada/completada. No que respeita ao inquérito, poderão reformular-se/excluir-se algumas questões, por forma a incluir-se novas questões sem comprometer a simplicidade e rapidez de preenchimento para não caucionar a taxa de sucesso. Adicionalmente, poderá ser fornecida aos inquiridos, juntamente com o questionário, informação relativa à avaliação económica dos sistemas fotovoltaicos, para além dos intervalos de investimento considerados.

Relativamente à avaliação dos impactos, poderá ser incluída a avaliação de impactos adicionais, tais como, a criação de emprego local a redução na fatura de importação energética.

Por outro lado, poderá ser alargada a aplicação das metodologias usadas no setor residencial a outros sectores, nomeadamente ao setor dos serviços.

---

## Referências

- Ahmad, S., Tahar, R., Cheng, J., & Yao, L. (2017). Public acceptance of residential solar photovoltaic technology in Malaysia. *PSU Research Review 1* (3), pp. 242-254.
- Allouhi, A., Saadani, R., Burkner, M., Kousksou, T., Jamil, A., & Rahmoune, M. (2019). Energetic, economic and environmental (3E) analyses and LCOE estimation of three technologies of PV gri-connected systems under different climates. *Solar Energy*, 178, pp. 25-36.
- Amorim, F., Vasconcelos, J., Abreu, I., Silva, P., & Martins, V. (2013). How much room for a competitive electricity generation market in Portugal? *Renewable and Sustainable Energy Reviews 18*, pp. 103-118.
- Autoconsumo Proef - Um Conceito*. (2018). Obtido de Ordem dos Engenheiros Região Norte: [http://www.oern.pt/documentos/2018/workshop\\_autoconsumo.pdf](http://www.oern.pt/documentos/2018/workshop_autoconsumo.pdf)
- Cardoso, H. (2017). Avaliação de Medidas de Iluminação Eficiente em Edifícios Industriais. *Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Coimbra*.
- Cherrington, R., Goodship, V., Longfield, A., & Kirwan, K. (2013). The feed-in tariff in the UK: A case study focus on domestic photovoltaic systems. *Renewable Energy 50*, pp. 421-426.
- Claudy, M., Michelsen, C., O'Driscoll, A., & Mullen, M. (2010). Consumer awareness in the adoption of microgeneration technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews 14*, pp. 2154-2160.
- Coria, G., Penizzotto, F., & Pringles, R. (2019). Economic analysis of photovoltaic projects: The Argentinian renewable generation policy for residential sectors. *Renewable Energy*, 133, pp. 1167-1177.
- Decreto-Lei n.º 153/2014. (2014). *Diário da República n.º 202/2014, Série I de 2014-10-20*, pp. 5298 - 5311.

Decreto-Lei n.º 50/2010. (2010). *Diário da República n.º 98/2010, Série I de 2010-05-20*, pp. 1739 - 1740.

Decreto-Lei n.º 68-A/2015. (2015). *Diário da República n.º 84/2015, 1º Suplemento, Série I de 2015-04-30*, pp. 2206-(2) a 2206-(52).

DGEG. (30 de 03 de 2019). Obtido de DGEG: <http://www.dgeg.gov.pt/?cn=6891700270717120AAAAAAAAA>

*Directiva 2010/31/UE*. (19 de 05 de 2010). Obtido de Parlamento Europeu e do Conselho.

Diretiva 2009/28/CE . (23 de 04 de 2009). *Parlamento Europeu e do Conselho*.

Diretiva n.º 2006/32/CE. (05 de 04 de 2006). *Parlamento Europeu e do Conselho*.

Diretiva n.º 2012/27/UE . (25 de 10 de 2012). *Parlamento Europeu e do Conselho*.

*Energia.pt*. (2018). Obtido de <http://www.energia.pt/pt/fotovoltaico>

Espinoza, R., Muñoz-Cerón, E., Aguilera, J., & Casa, J. (2019). Feasibility evaluation of residential photovoltaic self-consumption projects in Peru. *Renewable Energy*, 134, pp. 414-427.

European Commission. (2017). Framework Contract EAH/2013/CP/04. *Residential Promoters in the European Energy Union*.

Gomes, V. (2011). *Avaliação de Projectos de Investimento: Elaboração de um Estudo de Viabilidade Económico-Financeira*.

Haegermark, M., Kovacs, P., & Dalenback, J. (2017). Economic feasibility of solar photovoltaic rooftop systems in a complex setting: A Swedish case study. *Energy*, 127, pp. 18-29.

Hong, T., Koo, C., Kwak, T., & Park, H. (2014). An economic and environmental assessment for selecting the optimum new renewable energy system for educational facility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, pp. 286-300.

- Koo, C., Hong, T., Jeong, K., Ban, C., & Oh, J. (2017). Development of the smart photovoltaic system blind and its impact on net-zero energy solar buildings using technical-economic-political analyses. *Energy*, 124, pp. 382-396.
- Luthander, R., Widén, J., Nilsson, D., & Palm, J. (2015). Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. *Applied Energy* 142, pp. 80-94.
- Mah, D., Wang, G., Loa, K., Leug, M., Hills, P., & Lo, A. (2018). Barriers and policy enablers for solar photovoltaics (PV) in cities. Perspectives of potential adopters in Hong Kong. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 92, pp. 921-923.
- McKenna, E., Pless, J., & Darby, S. (2018). Solar photovoltaic self-consumption in the UK residential sector. New estimates from a smart grid demonstration project. *Energy Policy* 118, pp. 482-491.
- Okonkwo, E., Okwose, C., & Abbasoglu, S. (2017). Techno-Economic Analysis of the Potential Utilization of a Hybrid PV-Wind Turbine System for Commercial Buildings in Jordan. *International Journal of Renewable Energy Research* , p. 7(2).
- Orioli, A., & Gangi, A. (2019). The recent change in the Italian policies for photovoltaics: Effects on the payback period and levelized cost of electricity of grid-connected photovoltaic systems installed in urban contexts. *Renewable Energy*, 130, pp. 1021-1035.
- Palm, J., & Eriksson, E. (2018). Residential solar electricity adoption: how households in Sweden search for an use information. *Energy, Sustainability and Society* 8(14), pp. 1-9.
- PNAEE. (2018). Obtido de Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética: <http://www.pnaee.pt/>
- PNAER. (2018). Obtido de AP2H2: <http://www.ap2h2.pt/download.php?id=27>
- Pordata. (26 de 11 de 2018). Obtido de Pordata: <https://www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>
- Portaria n.º 14/2015. (2015). *Diário da República n.º 16/2015, Série I de 2015-01-23*, pp. 524 - 531.

Portaria n.º 15/2015. (2015). *Diário da República n.º 16/2015, Série I de 2015-01-23*, pp. 531 - 532.

Portaria n.º 201/2008. (2008). *Diário da República n.º 38/2008, Série I de 2008-02-22*, pp. 1172 - 1173.

Portaria n.º 60-E/2015. (2015). *Diário da República n.º 42/2015, 3º Suplemento, Série I de 2015-03-02*, pp. 1260-(32) a 1260-(33).

Portaria n.º 32/2018. (2018). *Diário da República n.º 16/2018, Série I de 2018-01-23*, pp. 670 - 670.

Rai, V., Reeve, D., & Margolis, R. (2016). Overcoming barriers and uncertainties in the adoption of residential solar PV. *Renewable Energy* 89, pp. 498-505.

Ribeiro, F., Ferreira, P., Araújo, M., & Braga, A. (2014). Public opinion on renewable energy technologies in Portugal. *Energy* 69, pp. 39-50.

Rodrigues, S., Chen, X., & Morgado-Dias, F. (2017). Economic analysis of photovoltaic systems for the residential market under China's new regulation. *Energy Policy*, 101, pp. 467-472.

Rosário, L. (2014). *Análise da Viabilidade Económica e Financeira de Projectos de Investimento em Cabo Verde*.

*Roteiro para a Energia 2050*. (2018). Obtido de Roteiro para a Energia 2050: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=DE>

Sardianou, E., & Genoudi, P. (2013). Which factors affect the willingness of consumers to adopt renewable energies? *Renewable Energy* 57, pp. 1-4.

Schelly, C. (2014). Residential solar electricity adoption: What motivates, and what matters? A case of study of early adopters. *Energy Research & Social Science* 2, pp. 183-191.

*SERUP*. (s.d.). Obtido de DGEG: <http://www.dgeg.gov.pt/>



- Sommerfeld, J., Buys, L., & Vine, D. (2017). Residential consumers' experiences in the adoption and use of solar PV. *Energy Policy* 105, pp. 10-16.
- Su, W., Liu, M., Streimikien, D., Balezentis, T., & Alisauskaite-Seskiene, I. (2018). Valuating renewable microgeneration technologies in Lithuanian households: A study on willingness to pay. *Journal of Cleaner Production* 191, pp. 318-329.
- Talavera, D., Muñoz-Cerón, E., Ferrer-Rodríguez, P., & Pérez-Higueras, P. (2019). Assessment of cost-competitiveness and profitability of fixed and tracking photovoltaic systems: The case of five specific sites. *Renewable Energy*, 134, pp. 902-913.
- Talavera, D., Muñoz-Rodríguez, J., Jimenez-Castillo, G., & Rus-Casas, C. (2019). A new approach to sizing the photovoltaic generator in self-consumption systems based on cost-competitiveness, maximizing direct self-consumption. *Renewable Energy*, 130, pp. 1021-1035.
- Vimpari, J., & Junnila, S. (2019). Estimating the diffusion of rooftop PVs: A real estate economics perspective. *Energy*, 172, pp. 1087-1097.



## **ANEXOS**

## **ANEXO A – Questionário Enviado**

29/11/2018

Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

## Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

Este Inquérito realiza-se no âmbito de um estudo académico, inserido no Mestrado em Engenharia Electrotécnica (ISEC - Coimbra) e pretende avaliar o actual nível de integração das Energias Renováveis junto dos habitantes da cidade de Coimbra.

O inquérito tem aproximadamente 15 questões, todas de escolha múltipla e um tempo esperado de total de preenchimento de 2 minutos.

Todos os dados recolhidos são anónimos e serão apenas tratados e usados para fins académicos, assegurando-se a sua confidencialidade.

Obrigada pela sua colaboração.

Joana Figueira  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

\* Required

### 1. 1 Idade \*

---

### 2. 2 Habilitações académicas \*

Mark only one oval.

- ☐ Ensino Básico  
☐ Ensino Secundário  
☐ Licenciatura  
☐ Mestrado  
☐ Doutoramento  
☐ Other: 

---

### 3. 3 Composição do seu agregado familiar \*

---

### 4. 4 Rendimento mensal líquido total do agregado familiar: \*

Mark only one oval.

- ☐ Até 500€  
☐ Entre 500€ e 1000€  
☐ Entre 1000€ e 2500€  
☐ Acima de 2500€  
☐ Não sabe/ Não responde

### 5. 5 Nível de conhecimento relativo a Energias Renováveis \*

Mark only one oval.

- ☐ Não sei/ Não responde  
☐ Conheço pouco  
☐ Conheço  
☐ Conheço plenamente

[https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jKmj8lYyOGQB\\_TE5lI3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit](https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jKmj8lYyOGQB_TE5lI3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit)

1/7

29/11/2018

Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

**6. 6 Tipo de Edifício da sua habitação: \****Mark only one oval.*

- ☐ Isolado
- ☐ Geminado
- ☐ Em banda
- ☐ Edifício clássico construído para possuir 3 ou mais alojamentos familiares
- ☐ Edifício clássico de outro tipo

**7. 7 Utilização do Edifício: \****Mark only one oval.*

- ☐ Edifício afeto exclusivamente a habitação
- ☐ Edifício com a maior parte da área afecta a habitação
- ☐ Edifício com a maior parte da área afeta a fins diferentes de habitação (comércio, serviços,...)

**8. 8 Número de pisos do Edifício: \****Mark only one oval.*

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10
- ☐ 11
- ☐ 12
- ☐ 13
- ☐ 14
- ☐ 15
- ☐ 16
- ☐ 17
- ☐ 18
- ☐ 19
- ☐ 20
- ☐ mais de 20

29/11/2018

Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

**9. 9 Alojamentos do Edifício: \****Mark only one oval.*

- ☐ 1  
☐ 2  
☐ 3  
☐ 4  
☐ 5  
☐ 6  
☐ 7  
☐ 8  
☐ 9  
☐ 10  
☐ 11  
☐ 12  
☐ 13  
☐ 14  
☐ 15  
☐ 16  
☐ 17  
☐ 18  
☐ 19  
☐ 20  
☐ 21  
☐ 22  
☐ 23  
☐ 24  
☐ 25  
☐ 26  
☐ 27  
☐ 28  
☐ 29  
☐ 30  
☐ 31  
☐ 32  
☐ 33  
☐ 34  
☐ 35  
☐ 36  
☐ 37  
☐ 38  
☐ 39  
☐ 40  
☐ 41

[https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8lYyOGQB\\_TE5II3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit](https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8lYyOGQB_TE5II3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit)

3/7

29/11/2018

Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

- ☐ 42  
☐ 43  
☐ 44  
☐ 45  
☐ 46  
☐ 47  
☐ 48  
☐ 49  
☐ 50  
☐ 51  
☐ 52  
☐ 53  
☐ 54  
☐ 55  
☐ 56  
☐ 57  
☐ 58  
☐ 59  
☐ 60

**10. 10 O Edifício tem elevador? \****Mark only one oval.*

- ☐ Sim  
☐ Não

**11. 11 Possui sistemas de Energias Renováveis? \****Mark only one oval.*

- ☐ Sim  
☐ Não *Skip to question 17.*

*Start this form over.***Energias Renováveis****12. 12 Qual? \****Check all that apply.*

- ☐ Sistema solar térmico (Água quente sanitária)  
☐ Sistema Solar Fotovoltaico (Produção de Electricidade)  
☐ Caldeiras Biomassa (Pellets, Lenha...)  
☐ Sistema Eólico  
☐ Other: \_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8YyOGQB\\_TE5II3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit](https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8YyOGQB_TE5II3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit)

4/7



29/11/2018

Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

**13. 13 Beneficiou de algum apoio/incentivo para instalação do sistema ou na venda de energia \****Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sabe/ Não responde

**14. 14 Verificou poupanças sua fatura energética? \****Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sabe/ Não responde

**15. 15 Há quanto tempo instalou o seu sistema \****Mark only one oval.*

- ☐ menos de 1 ano
- ☐ 1 ano
- ☐ 2 anos
- ☐ 3 anos
- ☐ 4 anos
- ☐ 5 anos
- ☐ 6 anos
- ☐ 7 anos
- ☐ 8 anos
- ☐ 9 anos
- ☐ 10 anos
- ☐ 11 anos
- ☐ 12 anos
- ☐ 13 anos
- ☐ 14 anos
- ☐ 15 anos
- ☐ 16 anos
- ☐ 17 anos
- ☐ 18 anos
- ☐ 19 anos
- ☐ 20 anos
- ☐ 21 anos
- ☐ 22 anos
- ☐ 23 anos
- ☐ 24 anos
- ☐ 25 anos
- ☐ mais de 26 anos

[https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8lYyOGQB\\_TE5II3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit](https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8lYyOGQB_TE5II3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit)

5/7

29/11/2018

Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

**16. 16 Valor médio mensal da fatura elétrica \****Mark only one oval.*

- ☐ 10€ a 20€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 20€ a 30€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 30€ a 40€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 40€ a 50€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 50€ a 75€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 75€ a 100€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 100€ a 150€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 150€ a 200€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 200€ a 300€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 300€ a 400€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 400€ a 500€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 500€ a 750€      *Stop filling out this form.*
- ☐ 750€ a 1000€      *Stop filling out this form.*
- ☐ mais de 1000€      *Stop filling out this form.*
- ☐ Other: \_\_\_\_\_ *Stop filling out this form.*

*Stop filling out this form.***Energias Renováveis****17. 12 Pondera instalar sistemas de Energias Renováveis \****Mark only one oval.*

- ☐ Não
- ☐ Sim. Dentro de 2 anos
- ☐ Sim. Dentro de 5 anos
- ☐ Sim. Dentro de 10 anos
- ☐ Não sabe/ Não responde
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

**18. 13 Quanto estaria disposto a investir num sistema de Energias Renováveis \****Mark only one oval.*


- ☐ Até 1.000€
- ☐ Entre 1.000€ e 2.000€
- ☐ Entre 2.000€ e 5.000€
- ☐ Entre 5.000€ e 10.000€
- ☐ Mais de 10.000€
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

29/11/2018

Nível de Integração das Energias Renováveis - Coimbra

**19. 14 Valor médio mensal da factura elétrica \****Mark only one oval.*

- ☐ 10€ a 20€
- ☐ 20€ a 30€
- ☐ 30€ a 40€
- ☐ 40€ a 50€
- ☐ 50€ a 75€
- ☐ 75€ a 100€
- ☐ 100€ a 150€
- ☐ 150€ a 200€
- ☐ 200€ a 300€
- ☐ 300€ a 400€
- ☐ 400€ a 500€
- ☐ 500€ a 750€
- ☐ 750€ a 1000€
- ☐ mais de 1000€
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

Powered by  
 Google Forms

[https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8lYyOGQB\\_TE5lI3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit](https://docs.google.com/forms/d/1n2JDmsr2jkMj8lYyOGQB_TE5lI3thG0JNOjuzdKpOhQ/edit)

7/7

